



**SKDM VE TÜRKİYE:
SEKTÖREL ETKİLEŞİMLER, FAYDA
VE MALİYETLER**

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında

Avrupa İklim Vakfı (ECF), Agora Energiewende ve İstanbul Politikalar Merkezi (IPC) tarafından Sabancı Üniversitesi'nde kurulan SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, yenilikçi bir enerji dönüşümü platformu aracılığı ile enerji sektörünün karbonsuzlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Türkiye enerji sektörünün teknolojik, ekonomik ve politik boyutlarının tartışılması için sürdürülebilir ve geniş çapta tanınan bir platform ihtiyacını karşılamak için çalışmaktadır. SHURA, gerçeklere dayalı analizleri ve bulunabilen en doğru verileri kullanarak enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji vasıtasıyla düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş üzerindeki tartışmaları desteklemektedir. Birçok paydaşın konuya ilişkin bütün bakış açılarını dikkate alarak bu geçişin ekonomik potansiyeli, teknik fizibilitesi ve ilgili politika araçlarına yönelik bir anlayışın oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Yazar: Gülay Dinçel (İktisatçı/Kıdemli Danışman)

Proje Koordinatörü: Yael Taranto (SHURA)

Teşekkürler

Dursun Baş (İPM), Gülizar Yavaş (TC Ticaret Bakanlığı), Karin Kritzingler (Agora Energiewende), Rabia Koyunsever (TC Ticaret Bakanlığı) ve Tuba Seyyah (TS Global Ticaret) raporun çeşitli aşamalarında taslak metinleri inceleyerek geri bildirimde bulunmuştur. Alkım Bağ Güllü (SHURA Direktörü) ve Hasan Aksoy (SHURA Araştırma Koordinatörü) rapor metinlerini inceleyerek yönlendirme ve geri bildirim sağlamıştır. Sağlanan tüm inceleme, görüş ve geri bildirimler için teşekkür ederiz.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, BMWK'nin bu rapor için sağladığı cömert finansmana müteşekkirdir. Bu rapor, www.shura.org.tr sitesinden indirilebilir.

Daha ayrıntılı bilgi almak veya geri bildirimde bulunmak için info@shura.org.tr adresinden SHURA ekibiyle temasa geçiniz.

Tasarım

Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2025 Sabancı Üniversitesi

Sorumluluk Reddi

Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulmuş kabuller, senaryolar ve Haziran 2024 sonu itibarıyla mevcut olan piyasa koşulları doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu kabullerin, senaryolar ve piyasa koşullarının değişime açık olması nedeniyle, rapor kapsamındaki gelecek dönem öngörülerinin, gerçekleşecek sonuçlarla aynı olacağı garanti edilemez. Bu raporun hazırlanmasına katkı yapan kurum ya da kişiler, raporda sunulan öngörülerin gerçekleşmemesi ya da farklı şekilde gerçekleşmesinden dolayı oluşabilecek ticari kazanç ya da kayıplardan sorumlu tutulamazlar.

**SKDM VE TÜRKiYE:
SEKTÖREL
ETKİLEŞİMLER, FAYDA
VE MALİYETLER**



İÇİNDEKİLER

Şekil Listesi	3
Tablo Listesi	3
Kısaltmalar	4
Ana Mesajlar	5
Ana Bulgular	6
Yönetici Özeti	7
1. Giriş	19
2. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi	23
2.1. Karbon fiyatlandırması bağlamında Türkiye’de mevcut durum	25
2.1.1. İklim değişikliği kanunu taslağı ve emisyon ticaret sistemi	25
2.2. Çalışmanın metodolojisi (kavramlar, tanımlar, temel kaynaklar)	25
2.2.1. Yaklaşım	27
2.2.2. Modelin yapısı ve varsayımları	30
2.3. Senaryolar	33
3. Çalışmanın Temel Bulguları ve Sonuçları	37
3.1. Toplam fayda-maliyet analizi	38
3.1.1. Nicel sonuçlar	39
3.1.2. Nitel sonuçlar	42
3.2. Sektör bazında fayda-maliyet analizi	43
3.2.1. Demir-çelik sektörü	43
3.2.2. Çimento sektörü	51
3.2.3. Alüminyum sektörü	56
3.2.4. Gübre sektörü	61
4. Sonuç	66
Ekler	70
Ek 1. SKDM kapsamı dahilindeki ürün grupları	70
Ek 2. Projeksiyonlara kaynaklık eden ana varsayımlar	73
Kaynakça	75

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Net faydayı oluşturan unsurların karşılaştırmalı büyüklüğü	38
Şekil 2. Net faydanın sektörel dağılımı (2026-2050)	39

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Etki analizi kapsamı	30
Tablo 2. Temel varsayımlar BAU senaryosu	35
Tablo 3. Temel varsayımlar dönüşüm senaryosu	36
Tablo 4. Farklı karbon fiyatı varsayımlarıyla dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler	40
Tablo 5. Toplam fayda-maliyetlerin GSYH ve sektör katma değerleri ile kıyaslanması	41
Tablo 6. Nitel sonuçlar	43
Tablo 7. Demir-çelik sektörü temel göstergeler	44
Tablo 8. Demir-çelik sektörü büyüme dinamikleri	45
Tablo 9. Demir-çelik sektörü: geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı	46
Tablo 10. Demir-çelik sektörü dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler	47
Tablo 11. Demir-çelik sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi	49
Tablo 12. Çimento sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı	52
Tablo 13. Çimento sektörü dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler	53
Tablo 14. Çimento sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi	54
Tablo 15. Alüminyum sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı	58
Tablo 16. Alüminyum sektörü dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler	59
Tablo 17. Alüminyum sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi	60
Tablo 18. Alüminyum sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı	62
Tablo 19. Gübre sektörü dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler	63
Tablo 20. Gübre sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi	64
Tablo 21. SKDM sektörleri ürün grupları	70
Tablo 22. Dönüşüm senaryosu nüfus ve GSYH varsayımları	73
Tablo 23. Dönüşüm senaryosu sektörel katma değer beşer yıllık kümülatif büyüme projeksiyonları	73
Tablo 24. Dönüşüm senaryosunda teknoloji düzeyine göre odak sektörlerde gelişim öngörüsü	74

KISALTMALAR

€	Euro
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD\$	Amerika Birleşik Devletleri Doları
BAU	Olağan Durum (Business as Usual)
BOF	Basık Oksijen Fırını
CCDR	Ülke İklim ve Kalkınma Raporu (Country Climate and Development Report)
COP	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı
ÇŞİD	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
EAF	Elektrikli Ark Ocağı (Elektrik Ark Fırını; Electric Arc Furnace)
EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IF	İndüksiyon Ocağı (Induction Furnace)
IRA	ABD Enflasyonu Düşürme Yasası (Inflation Reduction Act)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
İRD	İzleme-Raporlama-Doğrulama
JRC	AB Birleşik Araştırma Merkezi (Joint Research Center)
SKDM	Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizması
TALSAD	Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği
TÇÜD	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
TR	Türkiye
TÜFE	Tüketici Fiyat Endeksi
ÜFE	Üretici Fiyat Endeksi

Ana Mesajlar

- **Karbon fiyatlandırması olmadan da SKDM sektörlerinde ihracatın toplam maliyeti, toplam faydasını aşmaktadır.** Bu durum, SKDM sektörlerinde güçlü bir yapısal dönüşümün gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm yalnızca tekil sektörler bazında değil, sektörler arası ilişkileri de dikkate alarak ticaret politikası ve sürdürülebilir kalkınma politikalarıyla bütünleşik bir şekilde ele alınmalıdır.
- **Yapısal dönüşüm yalnızca üretim süreçlerinde değil, yeşil dönüşüm ve enerji dönüşümü perspektifleriyle ele alınmalıdır.** Karbonsuzlaşma yol haritası, sektörlerin iç dinamiklerini dikkate alarak çoklu alternatif senaryolarla geliştirilmelidir. Net sıfır karbon yol haritası, Türkiye'nin kalkınma öncelikleriyle uyumlu olmalı ve emisyon azaltım stratejileri ile döngüsel ekonomi yaklaşımlarını entegre etmelidir.
- **Dönüşümün zamanlaması kritik önemdedir; 2035-2040 vadesine odaklanılmalıdır.** Uluslararası rekabet koşulları ve AB SKDM ile hem AB'de hem diğer bölgelerde gelişen benzer politikalar göz önüne alındığında, Türkiye'nin rekabet gücünü koruyabilmesi için erken uyum sağlaması gerekmektedir.
- **Karbon fiyatlandırması ve ulusal ETS uygulaması, Türkiye'nin AB pazarındaki konumunu güçlendirebilir.** Karbon fiyatlaması, sınırdaki karbon vergisi yükünü azaltırken, yerel karbon vergisi gelirlerinin dönüşümün finansmanında kullanılması önemli bir kaynak yaratabilir.
- **Sanayi dönüşümünü desteklemek için uluslararası iş birliği ve finansman fırsatları değerlendirilmelidir.** İklim diplomasisi ve SKDM'den etkilenen diğer ihracatçı ülkelerle iş birliği, maliyetlerin adil paylaşımı açısından kritik olacaktır.

Ana Bulgular

- **Mevcut durumun devamı halinde (olağan durum senaryosu-BAU), sınırda karbon vergisi olmadan da** SKDM ürünlerinin toplam ihracatından (Dünya) kaynaklanan ekonomik **maliyetler** (dış ticaret açığı, ileri bağlantılı sektörlerde katma değer düşüşü, taşımadan kaynaklanan maliyetler) **faydaları** (ihracat katma değeri, dış ticaret fazlası, geri bağlantılı sektörlerde katma değer artışı) **aşmaktadır**. AB'ye yapılan ihracat ise mevcut durumda net fayda sağlamakla birlikte güncel AB ETS fiyatı uygulandığında (yaklaşık 70 €/ton) maliyetler faydaları aşmaktadır.
- Ana eksenini yeşil dönüşümü kolaylaştıracak ve birim katma değeri artıracak üretim kompozisyonu olan bir **sanayi dönüşümü gerçekleştirilerek (Dönüşüm senaryosu)** SKDM ürünlerinin ihracat miktarı bu doğrultuda azaltıldığında, **sınırda karbon vergisine rağmen ihracatın faydaları** (ihracat katma değeri, ileri bağlantılı sektörlerde katma değer artışı, dış ticaret fazlası), **maliyetlerini** (dış ticaret açığı, geri bağlantılı sektörlerde katma değer düşüşü, taşımadan kaynaklanan maliyetler) **aşmaktadır**. **Dönüşüm senaryosunda, 230 €/ton sınırda karbon fiyatına kadar, SKDM ürünlerinde AB'ye ihracatın faydası maliyetini aşmaktadır**.
- Sınırda karbon vergisi 100 €/ton olarak varsayıldığı durumda, ihracatın toplam faydası ile toplam maliyeti arasındaki fark baz alınarak uzun dönemli GSYH etkisi incelendiğinde, olağan durum (BAU) senaryosunda dünyaya yapılan ihracatta belirgin bir negatif etki (%-0,2) ortaya çıkarken, AB'ye yapılan ihracat için nötr bir etki olduğu görülmektedir. Dönüşüm senaryosunda ise dünyaya yapılan ihracat için negatif etkinin sifıra yaklaştığı AB'ye yapılan ihracatın katkısının ise pozitif (%0,2) olduğu, **genel etkilerin GSYH'ye kıyasla düşük düzeyde kaldığı görülmektedir**.
- Sınırda karbon vergisi 100 €/ton varsayımıyla, ihracatın toplam faydası ile toplam maliyeti arasındaki fark sektör katma değerlerine oranlandığında, olağan durum (BAU) senaryosunda dünyaya ihracatta en sınırlı etki demir-çelik sektöründe (%-1,2) ortaya çıkarken çimento (%-232), alüminyum (%-298) ve gübre (%-475) sektörlerindeki negatif etkiler hayli yüksektir. **Çimento, alüminyum ve gübrede olağan durum senaryolarında yüksek oranlı net negatif etkiler söz konusuysen, Dönüşüm senaryolarında dünya için gübre hariç tüm sektörlerde pozitif katkı görülmektedir**.



YÖNETİCİ ÖZETİ

2024 yılı itibarıyla Paris Anlaşması'na taraf olan 195 ülkenin %90'ı emisyon azaltım hedeflerini benimsemiş, 95 ülke de net sıfır karbon taahhüdünü deklare etmiştir (World Bank Group, 2024). Söz konusu 95 ülke, küresel düzeyde enerjiden kaynaklanan emisyonların %85'inden sorumlu durumdadır. Hükümetlerin iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında geniş bir politika seti geliştirdiği gözlenirken uygulamada hâlâ çok önemli açıklar olduğu görülmektedir. Gelişmiş ekonomiler yeşil dönüşümü hızlandıracak sanayi politikası seçeneklerine yönelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), "Enflasyonu Düşürme Yasası" (IRA) kapsamında 110 milyar ABD\$ tutarında "Özel Sektör Temiz Enerjili Sanayi Yatırım Planı" açıklanmıştır. Benzer şekilde Avrupa Birliği (AB), "Net Sıfır Sanayi Yasası" ile düşük maliyetli, güvenilir ve sürdürülebilir enerji teminini desteklemektedir. Diğer taraftan 2025 başından itibaren hem ABD'deki iktidar değişikliği ve Paris Anlaşması'ndan çekilme kararı,¹ hem de AB'de yeşil mutabakat ve rekabetçilik arasındaki dengeye yönelik kaygılar² önümüzdeki birkaç yıl içinde sürecin yavaşlaması riskini de beraberinde getirmektedir. Bu rapor ağırlıklı olarak 2024 yılı itibarıyla geçerli dengeleri veri almakta, iniş çıkışlar ve gecikmeler olsa da karbonsuzlaşma hedefleri anlamında genel doğrultunun geçerli olacağı öngörüsüyle hareket etmektedir. Önümüzdeki dönemde bu raporda yer alan nicel büyüklükler farklılaşsa da özellikle Türkiye'de ilgili sanayi sektörlerine yönelik saptamaların geçerliğini koruyacağı düşünülmektedir.

Emisyon Azaltımı Politikaları ve SKDM

AB tarafından uygulamaya alınan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), emisyon yoğun ürünlerin ithalatında karbon fiyatlandırması uygulamasıyla hem ithal hem yerli ürünlerin aynı vergilendirmeye maruz kalmasını, böylece karbon yoğun ürünlerin yurt dışında üretilerek karbon salımının vergiden kaçınarak yer değiştirmesini, yani karbon kaçağını önlemeyi amaçlamaktadır. Diğer yandan söz konusu politika aynı zamanda karbon vergilerini eşitleyerek ithal ürünler karşısında AB'de üretilen ürünlerin rekabet gücünün korunması sonucunu doğururken AB'de yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması eğilimi güçlenerek devam etmektedir. Yenilenebilir kaynaklara dayalı üretimin 2025 yılı başlarında dünyanın en büyük elektrik kaynağı haline gelerek kömürü geçmesi beklenmektedir (IEA, 2024). Bu gelişmelere rağmen, kapsamlı karbon fiyatlandırması da dâhil olmak üzere iklim politikası portföyünde sürekli ilerleme gerektiren geniş bir uygulama boşluğu olduğu açıktır. Karbon fiyatlandırması, ihtiyaç duyulan politika setinin kritik bir parçasıdır.

Emisyon azaltımını desteklemeye yönelik en önemli politika enstrümanlarından biri, karbon fiyatlandırması/vergi olarak öne çıkmaktadır. Karbon fiyatlandırmasına yönelik politikalar *doğrudan ve dolaylı fiyatlandırma politikaları* olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir.

¹ Başkan Trump 2025 başında IRA kapsamında yapılan tüm destek ödemelerini donduran bir kararname imzalamıştır. IRA için ayrılan 100 milyar ABD\$ tutarın 2024 sonu itibarıyla 50 milyar doları tahsis edilmiş ve 18 milyar doları ödenmiştir. Kalan 32 milyar doların ödemesi durdurulmuştur. Ancak, tahsisatlar kontrata bağlı olduğundan yargı yolu açık bulunmaktadır (The Washington Post, 2025).

² Avrupa Komisyonu tarafından 2025 Şubat sonunda yeşil mutabakata ilişkin "omnibus paketi" olarak adlandırılan bir dizi revizyonun önerilmesi beklenmektedir. İçerik tam olarak açıklanmamış olmakla birlikte özellikle kurumsal sürdürülebilirlik raporlama yükümlülüklerinin ve sürdürülebilir faaliyetlere ilişkin AB taksonomisindeki zorunlulukların azaltılmasının önerileceği öngörülmektedir. Komisyondan bağımsız olarak Almanya ve Fransa'da da yükümlülüklerin iki yıl veya daha uzun süre dondurulmasına yönelik çağrılar yapılmaktadır. Ayrıca SKDM kapsamındaki raporlama yükümlülüklerinin azaltılması ve ithalatta minimum muafiyet sınırının artırılması gündeme getirilmektedir. Bununla birlikte gündemde olan değişiklikler net sıfır emisyon hedeflerine veya SKDM uygulanasının özüne yönelik herhangi bir değişiklik içermemektedir (Environmental Resources Management, 2025; EU News, 2025)

Doğrudan politikalar kapsamında karbon vergisi ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) iki ana politika alanı olarak öne çıkarken karbon kredi piyasaları bu iki alanı da kesmektedir. Dolaylı politikalar ise fosil yakıt desteklerinin azaltılması, fosil yakıt vergileri ve benzeri diğer araçlardan oluşmaktadır.

On yıl önce uygulanan karbon fiyatlandırması/vergi politikaları toplam emisyonların %7'sini kapsarken günümüzde bu oran toplam emisyonların neredeyse %24'üne, 2023 yılında elde edilen karbon gelirleri de 104 milyar ABD\$'a ulaşmıştır (World Bank, 2024). Dünya çapında 75 adet karbon vergisi ve ETS (39 karbon vergisi, 36 ETS uygulaması) uygulanmaktadır. Çok sayıda ulusal uygulamanın yanı sıra küresel düzeyde hava ve deniz taşımacılığı gibi sektör spesifik uygulamalar söz konusudur.

Karbonsuzlaşma bağlamında önemli politika alanlarından biri olarak karbon fiyatlandırması Türkiye için orta-uzun vadeli kritik başlıklardan biri durumundadır. SKDM'nin uygulamaya geçmiş olması en büyük ticari partneri AB ile yürütülen ticaretin korunması ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Ancak SKDM'ye uyumlu AB ticaretinin korunmasının ötesinde Türkiye'nin 2053 Net Sıfır hedefi perspektifinden özel olarak SKDM'yi, genel olarak da diğer ülkelerin uygulamaları üzerinden küresel ticaretteki diğer düzenlemeleri aşan, ekonomisinin bütününe kapsayan bir karbon fiyatlandırması politika setine ihtiyacı bulunmaktadır.

Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

"SKDM ve Türkiye: Sektörel Etkileşimler, Fayda ve Maliyetler" başlıklı bu çalışma, AB SKDM'nin nicel ve nitel etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. AB SKDM kapsamında Aşama 1'deki dört sektöre (demir-çelik, çimento, alüminyum ve gübre) odaklanan çalışmada etki analizi, bir fayda-maliyet analizine dayanmaktadır.

Fayda ve maliyetler, iki ana senaryo ve bu senaryolara bağlı alt senaryolar dâhilinde belirlenmektedir. Anasenaryolardan, "Olağan Durum" ("Business-As-Usual"-BAU) senaryosunda mevcut sanayi ve ticaret politikalarının süreceği, bu kapsamda ele alınan sektörlerde her tür ihracat potansiyelinin değerlendirilmesine öncelik verileceği, ürün kompozisyonunda katma değer artışı, sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm perspektiflerinden kayda değer bir dönüşümün gerçekleşmeyeceği varsayılmakta, bu doğrultuda sektör ihracatlarının geçmiş eğilimlerle uyumlu bir şekilde artmaya devam edeceği öngörülmektedir. "Sanayi Dönüşümü" senaryosunda ise sanayi ve ticaret politikası değişikliği dikkate alınarak, her bir sektör özelinde iç talep yapısı ve ihtiyaçları, katma değerli ihracat, sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm başlıkları dikkate alınarak üretim kapasitesi, ürün kompozisyonu ve ihracat yapısında önemli değişiklikler varsayılmakta, bu doğrultuda SKDM ürünlerinde ihracatın geçmiş eğilimden farklılaşacağı, orta-uzun vadede toplam üretim içindeki ihracat payının düşeceği öngörülmektedir. Hem geçmiş 20 yıla uygulandığında hem de benzer eğilimin devam etmesi durumunda çok yüksek düzeylere ulaştığı ortaya konan "varsayımsal" karbon maliyetlerinin, "Sanayi Dönüşümü" senaryosunda önemli ölçüde düştüğü görülmektedir. Bu bağlamda ihracatta daha sınırlı bir gerileme ya da karbonsuzlaşmaya yönelik teknoloji seçenekleri gibi bir dizi ara senaryo üretilmesi mümkündür. Bu eksende daha zengin egzersizler ve buna dayalı tartışmalar yürütme ihtiyacı saptanmaktadır.

Ancak, çalışmada daha sade bir gösterim tercih edilmiş, mevcut durumun devamıyla, hızlı karbonsuzlaşmaya zemin hazırlayacak bir politika değişikliğine dayalı "simülasyon" olarak nitelenebilecek bir yaklaşımın sonuçları karşılaştırılmıştır.³

Sektör spesifik etkiler, ihracata konu üretimin yol açtığı karbon emisyonu, dış ticaret açığı, fiyat artışları, enerji talebi artışı gibi maliyetlerle ve ihracatın katma değeri, dış ticaret fazlası, fiyat düşüşleri, enerji talebi düşüşü gibi faydalarla⁴ ifade edilmektedir. *Sektörler arası etkilerde* ise ileri ve geri bağlantılı sektörlerde ortaya çıkan maliyet ve faydalarla (katma değer düşüşü ya da artışı), ilgili sektörün taşımalarından kaynaklanan karbon emisyonu, akaryakıt maliyeti gibi etkiler dikkate alınmaktadır. SKDM'nin yaratacağı maliyetlerin söz konusu dört sektörün mevcut ihracat düzeyleri üzerinden hesaplanması, öncelikle mevcut karbon emisyonu miktarlarının baz alınması, hesaplamaların lineer bir ilerlemeyle geleceğe taşınarak hem sektörlerin toplam büyüklükleri hem de Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH)'ye oranlanması şeklinde bir yaklaşım doğru görünmekle birlikte orta-uzun vadeli etkilerin gerçeğe yakın ölçümlenmesi açısından yetersizdir. **Türkiye söz konusu olduğunda her bir sektörün karbonsuzlaşma ihtiyacıyla birlikte teknoloji, iş modeli, pazar olanakları açısından dönüşüm potansiyelinin dikkate alınması ve mevcut durumun sürdürülmesi senaryosu dışında bir Dönüşüm senaryosunun uyarlanması önem taşımaktadır.**⁵ Lineer büyüme senaryosunda karbon maliyet kaleminde hızlı bir artış ya da karbon emisyonlarının lineer artışını sınırlandırmaya yönelik karbonsuzlaşma/karbon azaltımı yatırımlarının maliyeti söz konusuysen Dönüşüm senaryosunda karbon yoğun sektörlerde üretimin ya da üretim artışının azalması, üretim kompozisyonundaki değişiminin hem incelenen sektörde hem de ileri bağlantılı sektörlerde katma değer artışı, karbonsuzlaşmadan sağlanan faydalar gibi etkilerle telafi edilip, ek faydalar yaratılması söz konusudur.

Bununla birlikte farklı senaryolardaki etkilerin değerlendirilmesinde sadece karbon maliyeti karşılaştırması yetersiz olacaktır. Daha önce vurgulandığı gibi, karmaşık bir etki analizi güçlükler barındırmakla birlikte hem bağlantılı sektörlerde açığa çıkabilecek hem de taşımalarından kaynaklanabilecek saptanması mümkün olan dolaylı etkilerin şimdiden bu analize eklenmesi, ileride daha sağlıklı bir değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla çalışma kapsamında doğrudan etkilerin yanı sıra bu dolaylı etkiler de dikkate alınmış, böylece duruma ilişkin toplu bir görünüm ortaya konmaya çalışılmıştır.

Söz konusu etkiler üç basamaklı bir yaklaşımla ele alınmaktadır: İlk basamakta SKDM ile gündeme gelecek karbon fiyatlandırması/vergi uygulamasının söz konusu sektörlere getireceği ek maliyetlerin yanı sıra ihracat hacimleriyle yarattıkları diğer maliyet ve faydalar dâhil olmak üzere daha geniş bir perspektiften "doğrudan etkiler" hesaplanırken, ikinci basamakta ilgili sektörlerin ihracat hacimlerindeki oynamaların ileri ve geri bağlantılı sektörlerde yarattığı etkiler yine fayda-maliyet ayrımıyla değerlendirilmekte, üçüncü basamakta ise ihracata konu

³ Her iki senaryoda da sektörel ihracat projeksiyonlarında global rekabet koşulları, sektörlerin yapısı, iç ve dış talep dinamikleri gibi unsurlar dikkate alınmıştır. Ancak, mevcut durum için de geçerli olduğu gibi politika tercihlerinin kuvvetli etkisi bir diğer önemli düzlemdir. Söz konusu düzlemde yapılacak iki uç tercihin sonuçları karşılaştırılmaktadır.

⁴ Mevcut sanayi üretim ve ihracat yapısının devam etmesi durumunda ihracattan sağlanan katma değer bir fayda olarak değerlendirilirken söz konusu yapının yol açtığı cari açık, fiyat ve enerji talebi artışları maliyet olarak dikkate alınmaktadır. Sanayi üretim ve ihracat yapısında teknoloji düzeyini yükselten ve karbonsuzlaşmayı kolaylaştıran bir dönüşüm gerçekleşmesi durumunda cari açık, fiyat ve enerji talebinde ortaya çıkan düşüşler fayda olarak değerlendirilmektedir.

⁵ Bkz. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Net Sıfır ve Sanayi Politikası çalışmaları (SHURA, 2023; SHURA, 2024a)

yüklerin taşımalarından kaynaklanan etkiler dikkate alınmaktadır. İkinci ve üçüncü basamaktaki etkiler "dolaylı etkiler" olarak nitelenmektedir.

Nicel fayda-maliyet etkilerine ek olarak çalışma kapsamında hesaplanmayan diğer nicel etkiler ve bu çalışma metodolojisinde içerilmeyen GSYH, istihdam ve bölgesel etkiler vb. gibi unsurları kapsamak üzere nitel değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo YÖ1. Nicel etki analizi kapsamı

ETKİ ANALİZİ	
Birinci Basamak: Doğrudan Etkiler	
Maliyetler	Karbon emisyonu
	Dış ticaret açığı
	Fiyat artışları (TÜFE** etkisi)
	Enerji talebi artışı
Faydalar	İhracat katma değeri (SKDM sektörü)
	Dış ticaret fazlası
	Fiyat düşüşleri (TÜFE etkisi)
	Enerji talebi düşüşü
İkinci Basamak: Dolaylı Etkiler - İleri ve Geri Bağlantı Etkileri	
Maliyetler	İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü
	Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü
Faydalar	İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı
	Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı
Üçüncü Basamak: Dolaylı Etkiler - Taşıma Etkileri*	
Maliyetler	Taşımalardan kaynaklanan karbon emisyonu
	Taşımalarda kullanılan akaryakıt maliyeti

*Bu çalışmada taşımacılık sektöründe yaratılan etkilerden ziyade taşımadan kaynaklanan etkilere odaklanılmakta, ihracattaki değişimlerin taşıma sektörü katma değeri üzerindeki yaratacağı katma değer değişiklikleri dikkate alınmamaktadır.

**TÜFE: Tüketici Fiyat Endeksi

SKDM'nin etkilerini maliyet ve faydalar olarak nicelleştirmeye yönelik seçilen değişkenler için 2009-2023 dönemi gerçekleştirmeleri ya da bu gerçekleştirmelerden hareketle yapılan hesaplamalardan / geçmiş tahminlerinden oluşan veri setleri üretilmiştir. Söz konusu veri setleri, her bir ürün grubu ve sektör bazında ihracat, dış ticaret dengesi, fiyat hareketleri, enerji talebi, ileri-geri bağlantı etkileri, taşımacılık hacmi gibi başlıklarda söz konusu dönemdeki temel eğilimleri, dinamikleri anlamaya yardımcı olurken iç bağlantılar konusunda da fikir vermektedir.

2009-2023 verilerinin⁶ ortaya koyduğu eğilimlere ek olarak her bir sektörünün gelecek eğilimleri (teknoloji düzeyi, rekabet koşulları, pazar olanakları vb.) göz önünde bulundurularak 2024-2050 dönemi için projeksiyonlar yapılmıştır. Yapılan sektörel projeksiyonlarda, daha önce vurgulandığı gibi global rekabet koşulları, sektörlerin yapısı, iç ve dış talep dinamikleri gibi unsurlar dikkate alınmıştır. Ancak, sadece bu değişkenlere dayalı bir gelecek tahmininden ziyade bir başka kuvvetli değişken olan politika tercihlerindeki değişimlerin etkileri göz önünde bulundurulmaktadır. Böylece karşılaştırmalı iki uç politika tercihinin sonuçlarını ifade eden senaryolar bir tür simülasyon olarak resmedilmektedir. Çok uzun süreçleri kapsayan tüm projeksiyon çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da nicel büyüklüklerin görece karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Senaryolar

Çalışmada iki temel senaryo kullanılmıştır: Olağan Durum ("Business as Usual"- BAU) ve Dönüşüm senaryoları. Her bir senaryoda, ihracat büyümesi, ihracat kompozisyonu, ileri ve geri bağlantılı sektörlerle⁷ etki düzeyleri, enerji talebi ve fiyat değişimi gibi değişkenlere dair farklı varsayımlarda bulunmaktadır.

- **Olağan Durum (BAU) Senaryosu:** Bu senaryoda 2024-2050 dönemi için ihracat büyümesi geçmiş gerçekleştirmelerle uyumlu olarak öngörülmüş, mevcut yapısal dinamiklerin devam edeceği düşünülmüştür. Yine ihracat kompozisyonunun, yani ürün grupları bileşiminin geçmişteki kompozisyonlar ile benzer bir şekilde seyredeceği varsayılmıştır. Söz konusu varsayımların sonucu olarak geri bağlantılı sektörlerde olumlu etkiler, ileri bağlantılı sektörlerde ise olumsuz etkiler ortaya çıkacağı öngörülmüştür.
- **Sanayi Dönüşümü (Dönüşüm) Senaryosu:** Bu senaryoda ise 2024-2050 dönemi için ana eksenini yeşil dönüşümü kolaylaştıracak ve birim katma değeri artıracak üretim kompozisyonu olan bir sanayi dönüşümü öngörülmüştür. Söz konusu Dönüşüm senaryosu, SHURA'nın "Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası" (SHURA, 2023) ve "Adil Dönüşüm Kapsamında Türkiye İçin Sanayi Politikası Alternatifleri" (SHURA, 2024) adlı çalışmalarından uyarlanmıştır. Senaryo kapsamında özellikle SKDM sektörlerinde üretim kapasitesinde görece yüksek katma değerli ürünlerin ağırlığının artışına olanak tanıyacak bir değişim yaşanacağı, yine katma değeri olumlu etkileyecek bir dış ticaret dengelenmesi (ihracatı yüksek, düşük katma değerli ürünlerde azalma, ithalata konu yüksek katma değerli ürünlerde yurt içi üretim) ve sürdürülebilir ürünlerin gelişimi öngörülmüş; diğer taraftan da, SKDM ürünlerini temel girdi olarak kullanan ve yüksek katma değerli makine teçhizat, elektrikli teçhizat, otomotiv, enerji ekipmanları, inşaat-altyapı sektörlerinin üretim içindeki ağırlığının artacağı varsayılmıştır.

⁶ Dış ticaret (ihracat, ithalat ve dış ticaret açığı) verileri için ITC Trade Map, TÜİK Dış Ticaret İstatistikleri, fiyat değişiklikleri (ÜFE, TÜFE, sektörel ÜFE) için TCMB verileri, sektörel üretim ve dış ticaret miktar verileri için TÜİK'in yanısıra sektörel kuruluş verileri, taşıma verileri için Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı veri setleri ve uzman varsayımları kullanılmıştır.

⁷ İleri bağlantılı sektörler incelenen sektörün üretimini girdi olarak kullanan, geri bağlantılı sektörler ise incelenen sektördeki üretimi girdi sağlayan sektörler olarak tanımlanmaktadır. İleri ve geri bağlantılı sektörlerde oluşacak etkilerin ölçülmesi için TÜİK tarafından yayımlanan girdi-çıkı tabloları kullanılarak incelenen sektördeki üretim değişiminin ileri ve geri bağlantılı sektörlerde yaratacağı üretim değişimi hesaplanmaktadır.

- Ana senaryolar dâhilinde etkiler Türkiye'nin bütün ihracatı (dünya) ve AB ihracatı için birbirinden ayrıştırılmıştır. Dünya senaryoları şimdilik AB dışında uygulamada olmayan etkileri simülasyon olarak göstermeyi amaçlamaktadır.
- Aşağıda yer verilen sonuçlar 2026-2050 dönemini kapsamaktadır. SKDM'nin fiili uygulama tarihi başlangıç olarak seçilmiş, bu konudaki serbest tahsisatlar dikkate alınmamıştır⁸.
- 0 €/ton, 70 €/ton, 100 €/ton ve 120 €/ton olmak üzere dört farklı karbon fiyatı varsayımı kullanılmış olup 100 €/ton, ana varsayım olarak kabul edilmiştir. 70 €/ton güncel piyasa fiyatını yansıtmakta, ancak yakın vadede söz konusu fiyatın 100 €/ton düzeyine yakınsayacağı öngörülmektedir. 2026-2050 döneminin uzunluğu dikkate alınarak çeşitli dalgalanmaları da kapsayacağı düşünülen 100 €/ton baz fiyat olarak seçilmiştir. 0 €/ton ya da karbon vergisinin uygulanmadığı varsayımında mevcut durumun devamı halinde nasıl bir fayda-maliyet tablosu ortaya çıktığını göstermek amaçlanmıştır. 120 €/ton varsayımı ise öngörülerin ötesinde artışların olabileceği durumu betimlemektedir.

Etki özeti

Değer olarak hesaplanan etkiler dikkate alındığında BAU senaryolarında 100 €/ton karbon fiyatlandırması/vergisi uygulandığı takdirde hem dünya hem de AB için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olacağı görülmektedir. İncelenen dört sektör, mevcut yapılarıyla ihracatlarından sağlanan faydadan daha fazla maliyet yaratmaktadır. Söz konusu maliyette karbon fiyatlandırması/vergisi varsayımı önemli bir kalem olmakla birlikte maliyetin yarıdan fazlasının gerçekleşen diğer kalemlerden kaynaklanacağı dikkat çekmektedir.

Dönüşüm senaryolarında ise yine 100 €/ton karbon vergisi uygulandığında dünya ticareti için biraz daha sınırlı AB için ise yüksek fayda elde edileceği görülmektedir. Toplam faydanın toplam maliyeti aşmasında hem karbon maliyetlerindeki azalma hem de katma değer artışları önemli bir rol oynamaktadır. Dönüşüm senaryosunda dünya için toplam faydaya en yüksek katkı demir-çelik sektöründen gelirken onu alüminyum, sonra da çimento sektörü izlemekte, gübre sektöründe ise toplam maliyet, toplam faydayı aşmaktadır. AB için ise tüm sektörlerden katkı gelmekte, sıralama çimento, demir-çelik, alüminyum ve gübre şeklinde olmaktadır.

Çalışma kapsamında hesaplanmayan nicel etkiler ve diğer nitel etkiler dikkate alındığında Dönüşüm senaryosunda cari açığın azaltılması, fiyat hareketlerinin baskılanması üzerinden GSYH katkısının daha yüksek olacağı, sektörel dönüşümlerin istihdam artışını uyaracağı, cinsiyete dayalı ve coğrafi eşitsizlikleri azaltacağı, böylelikle de genel bir verimlilik artışı sağlayacağı düşünülmektedir.

⁸ AB'deki uygulamada karbon vergisine tabi sektörlerdeki üretimin bir bölümü karbon yükümlülüklerinden muaf tutulmakta, karşılığında firmalara "serbest tahsisat" belgeleri verilmektedir. Önümüzdeki dönemde AB'de serbest tahsisatların giderek azaltılarak sıfırlanması gündemdedir (Statista, 2024).

Faydalar ve maliyetler, değer ve değişim oranı olmak üzere iki şekilde nicelleştirilmiştir. Fiyat ve enerji talebi değişimleri oran olarak gösterilirken, diğer etkiler aynı bazda değerlendirilebilecek, dolayısıyla karşılaştırılabilecek bazda değer (Euro) olarak ifade edilmiştir. Bunun sonucunda değişimlerin etkileri dolaylı nicel ya da nitel sonuçlara işaret ederken değerlerden hareketle toplam maliyet ve faydaya ulaşmak mümkün olmaktadır. 2026-2050 dönemi için her bir senaryo ve alt varsayımlar bazında toplam maliyet ve toplam fayda hesaplanarak nicel etki analizi yapılmıştır.

2026-2050 dönemi toplam maliyet ve toplam faydaların iki temel senaryo, farklı karbon fiyat düzeyleri ve dünya ticareti, AB ticareti ayrımıyla özet gösterimi aşağıda verilmektedir.⁹

Tablo YÖ2. Farklı karbon fiyatı varsayımlarıyla Dünya ve AB için BAU ve Dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

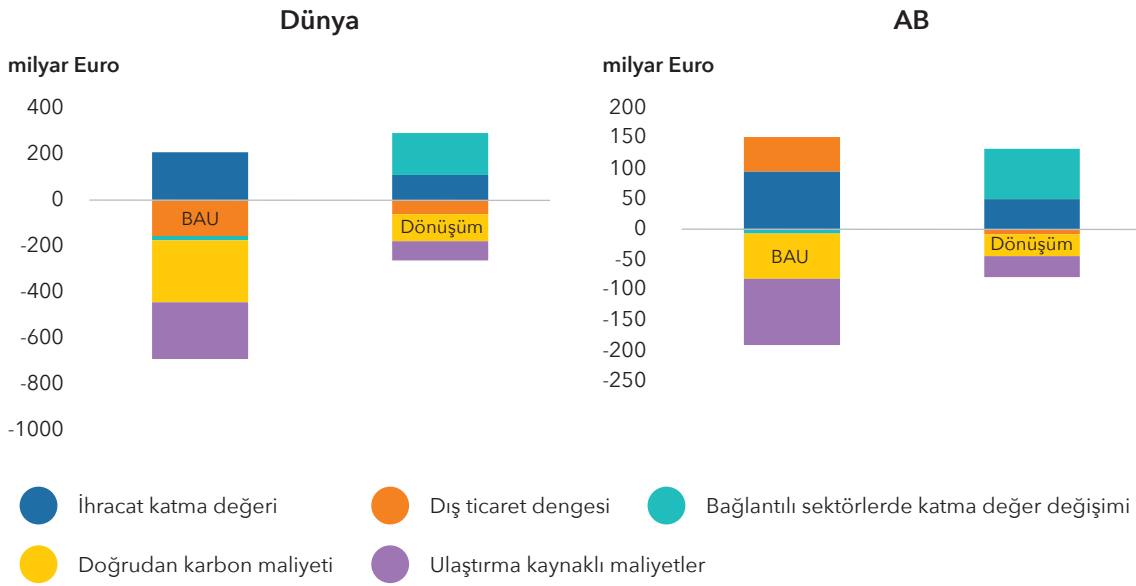
2026-2050 (milyon €)	Dünya*		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
Karbon Fiyatı: 0 €/ton				
TOPLAM FAYDA - TOPLAM MALİYET	- 161.645	196.019	46.766	100.577
TOPLAM MALİYET	442.455	172.921	159.038	52.956
TOPLAM FAYDA	280.811	368.939	205.804	146.895
Karbon Fiyatı: 70 €/ton				
TOPLAM FAYDA - TOPLAM MALİYET	- 417.834	83.078	-9.375	68.864
TOPLAM MALİYET	698.644	270.715	215.180	78.031
TOPLAM FAYDA	280.811	353.793	205.804	146.895
Karbon Fiyatı: 100 €/ton				
TOPLAM FAYDA - TOPLAM MALİYET	- 527.629	37.210	-39.009	55.451
TOPLAM MALİYET	808.440	316.584	244.813	91.444
TOPLAM FAYDA	280.811	353.793	205.804	146.895
Karbon Fiyatı: 120 €/ton				
TOPLAM FAYDA - TOPLAM MALİYET	- 600.826	6.630	- 58.765	46.508
TOPLAM MALİYET	881.637	347.163	264.569	100.387
TOPLAM FAYDA	280.811	353.792	205.804	146.895

*Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

⁹ Dünya ticaretiyle AB arasındaki toplam maliyet asimetrisi, özellikle BAU senaryoda dikkat çekmektedir. Söz konusu durum çimento ihracatının AB payının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Çimento sektörü hem üretimden kaynaklanan karbon emisyonu hem de taşımalardan kaynaklanan karbon emisyonu ve akaryakıt maliyetiyle toplam içinde önemli bir paya sahiptir.

Şekil YÖ1'de BAU ve Dönüşüm senaryolarında net faydayı (toplam fayda-toplam maliyet) oluşturan unsurlar (ihracat katma değeri, dış ticaret dengesi, bağlantılı sektörlerde katma değer değişimi, doğrudan karbon maliyeti ve ulaştırma kaynaklı maliyetler vb.) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Şekil YÖ2'de net faydanın sektörel dağılımı gösterilmektedir.

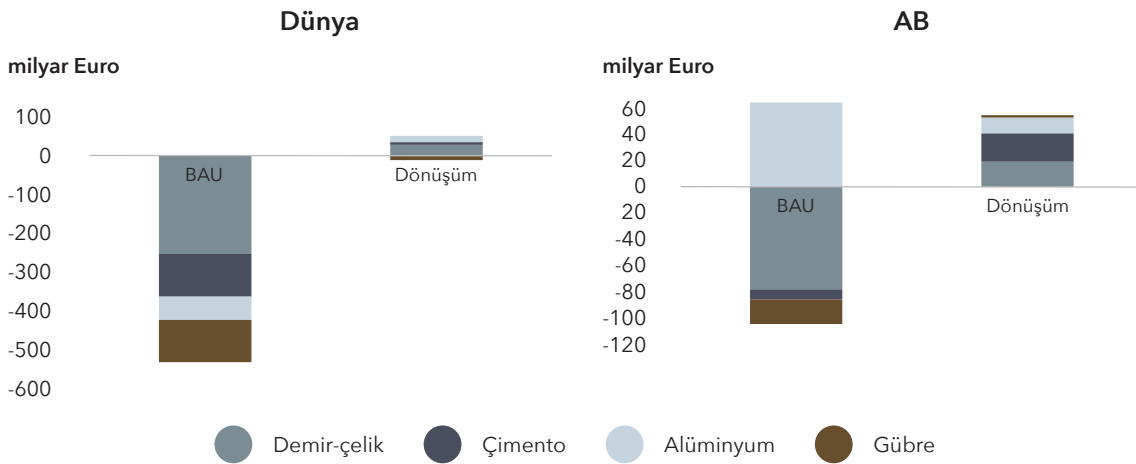
Şekil YÖ1. BAU ve Dönüşüm senaryolarında net faydayı oluşturan unsurların karşılaştırmalı büyüklüğü (2026-2050)



* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır.

Şekil YÖ2. Net faydanın sektörel dağılımı (2026-2050)



* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır.

Toplam net fayda (toplam fayda-toplam maliyet) uzun dönemli GSYH büyüklüğü ile kıyaslandığında BAU senaryosunda dünyada belirgin bir negatif etki (%-0,2) ortaya çıkarken, AB için nötr bir etki olduğu görülmektedir. Dönüşüm senaryosunda ise dünyada bu negatif etkinin sıfıra yaklaştığı (%-0,1) AB katkısının ise pozitif (%0,2) olduğu, etkilerin GSYH'ye kıyasla düşük düzeyde kaldığı görülmektedir. Toplam fayda ile toplam maliyet arasındaki fark sektöre katma değerlerine oranlandığında ise en sınırlı etki demir-çelik sektöründe ortaya çıkarken çimento, alüminyum ve gübre sektörlerindeki etkiler hayli yüksektir. Çimento, alüminyum ve gübrede BAU senaryolarında yüksek oranlı net negatif katkılar söz konusuysen, Dönüşüm senaryolarında dünya için gübre hariç tüm sektörlerde pozitif katkı görülmektedir.

Sonuçlar

Tablo YÖ2, Şekil YÖ1 ve Şekil YÖ2 ile işaret edilen sonuçlardan öne çıkanlar aşağıda özetlenmektedir:

- **Dünya-BAU:** Türkiye'nin toplam ihracatı göz önünde bulundurulduğunda ilk senaryo olan olağan durum (BAU) senaryosunda tüm karbon fiyatı varsayımları için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olduğu görülmektedir. Mevcut durumun devamı ya da karbon fiyatlandırması/vergisinin uygulanmayan durum olarak da düşünülebilecek karbon fiyatının 0 €/ton olduğu durumda bile dış ticaret açığı, akaryakıt maliyeti, ileri bağlantılı sektörlerin katma değer kaybı gibi etkilerden kaynaklanmak üzere, toplam maliyetler toplam faydaları aşmaktadır. SKDM sektörlerinde ihracatın mevcut durumda dikkate alınan değişkenler kapsamında toplam maliyeti, toplam faydasından yüksektir. Dünya-BAU senaryosunda sıfır karbon fiyatıyla bile maliyetlerin faydalara kıyasla söz konusu yüksekliği, ihracatın uyardığı ithalat nedeniyle oluşan dış ticaret açığı ve ulaştırma giderlerinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır. Bu maliyetlerin toplamı ihracattan sağlanan katma değere ve ihracatın yurt içinde girdi sağlayan (geri bağlantılı) sektörlerde uyardığı katma değer artışına kıyasla yüksek olduğu için toplam ekonomik fayda eksi değerde oluşmaktadır.
- **Dünya-Dönüşüm:** Dönüşüm senaryosunda tüm fiyat varsayımları için toplam fayda, toplam maliyetin üzerindedir. Toplam maliyetin toplam faydayı aştığı nokta 124 €/ton civarındadır. Türkiye'nin İngiltere ve ABD başta olmak üzere tüm önemli ticaret partnerlerinin karbon fiyatlandırması/vergisinin uygulanması ve karbon fiyatının 120 €/ton'un üzerinde şekillenmesi durumunda, Dönüşüm senaryosunu aşan ek önlemler alınması gerekeceği söylenebilir.
- **AB-BAU:** SKDM bağlamında AB ticareti için bakıldığında 0 €/ton ya da karbon vergisinin uygulanmadığı durum haricinde, tüm karbon fiyatı varsayımları için, toplam maliyet toplam faydanın üzerindedir. Yine dış ticaret açığı, akaryakıt maliyeti, ileri bağlantılı sektörlerin katma değer kaybı gibi etkenler, toplam maliyetin yüksekliğini belirlemektedir.
- **AB-Dönüşüm:** Dönüşüm senaryosunda ise AB ticareti için tüm karbon fiyatı varsayımlarında toplam faydanın toplam maliyetin üzerinde olduğu görülmektedir. Toplam faydanın toplam maliyete eşitlendiği başabaş noktası 230 €/ton civarındadır. Uzun dönemli ortalama karbon fiyatı için söz konusu tutarın hayli yüksek bir varsayım olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle

AB SKDM eksenli düşünüldüğünde Dönüşüm senaryosu kapsamındaki varsayımları destekleyecek önlemlere, özellikle 2035 vadesinde odaklanılabileceği söylenebilir. 230 €/ton başabaş noktası yüksek görünmekle birlikte, AB SKDM uygulamasının somutluğu ve tüm rakiplerin uyum kapsamında önemli bir dönüşüm sürecine gireceği düşünüldüğünde Türkiye'nin önünde ekonomik maliyetleri azaltmaya ve üretim verimliliğini artırmaya yönelik sanayi, ticaret ve karbonsuzlaşma eylemlerini hayata geçirmek için kritik bir 10 yıl olduğunun altı çizilmelidir.

Toplam fayda ve toplam maliyet değişkenleri ile diğer nicel sonuçların GSYH üzerindeki etkilerini tam olarak hesaplamak birtakım güçlükler taşımaktadır. Aynı zamanda istihdam, cinsiyet eşitliği, coğrafi etkiler gibi bir dizi sosyoekonomik etkiyi model kapsamında nicelleştirmek olmasa da söz konusu etkilerin yönüne ilişkin bazı çıkarımlarda bulunulabilir:

- Dönüşüm senaryosunda cari açığın azaltılması, fiyat değişimlerinin baskılanması, TL'nin oynaklığının düşmesi, orta-yüksek katma değerli sektörlerde büyüme gibi önemli gelişmelerin etkisiyle net pozitif katkı ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Benzer şekilde BAU senaryosunda hesaplanandan daha yüksek bir net negatif katkı öngörülebilir.
- BAU senaryosunda toplam fayda ve toplam maliyet arasındaki fark negatif olmakla birlikte istihdam ve bölgesel sosyoekonomik etkilerin yüksek olduğu ve bunun yukarıdaki hesaplamalarda ölçülmediği not edilmelidir. Ancak incelenen dört sektör ve ileri-geri bağlantılı sektörler dikkate alındığında Dönüşüm senaryosunda BAU senaryosundan daha fazla ilave istihdam yaratıldığı, yaratılan ilave istihdamın daha yüksek ücretli işlerden, diğer bir deyişle daha "iyi işler"den oluştuğu, dolayısıyla toplam sosyoekonomik etkisinin daha güçlü olduğu söylenebilir. Daha "iyi işler" yaratılırken buna paralel olarak uygun alanlarda bir dönüşüm söz konusu olacağı için kadın istihdamının da artacağı düşünülebilir¹⁰. Genişleyen istihdamın bir sektörel çeşitliliğe denk düşmesi aynı zamanda coğrafi kapsamın genişlemesi, bölgesel eşitsizliklerin azaltılması anlamını da taşımaktadır. Bu bağlamda Dönüşüm senaryosunun yaratacağı olanakların uygun politikalarla desteklenerek adil bir dönüşümün sağlanması, politikaların odak noktasını oluşturmalıdır (SHURA 2024).
- BAU senaryosunda ileri bağlantılı sektörler üzerindeki negatif etkilerin tamamı ölçülmemektedir. Mevcut yapının bu sektörlerin katma değerini baskılamasının ötesinde toplam üretim hacmini, üretim kapasitesi ve teknoloji düzeyini, rekabet gücünü de düşürdüğü dikkate alınmalıdır. BAU senaryosu için geçerli söz konusu negatif etki, Dönüşüm senaryosunda geri bağlantılı sektörlerde ortaya çıkan üretim ve katma değer gerilemesinden (ve bunun işaret ettiği istihdam gerilemesinden) çok daha yüksektir. Dönüşüm senaryosunda ana sektörlerin daha yüksek katma değerli büyüme olanaklarının geri bağlantılı sektörlerin katma değerlerini artırma ve böylelikle negatif etkilerin bir bölümünü telafi etme olanağı barındırdığı da vurgulanabilir.

¹⁰ Kadın istihdamının görece olarak daha yüksek olduğu sektörlerdeki olası bir genişlemenin kadın istihdamını da artıracaktır varsayılmaktadır. Ancak kadın istihdamının önündeki bariyerler dikkate alındığında cinsiyet eşitliğinde ilerleme sağlanabilmesi için ek politika geliştirilmesi gerekliliğinin altı çizilmelidir. Yeşil sektörlerin geliştirilmesine yönelik stratejiler, fırsat eşitliği ve muamele ilkelerini başlangıçtan itibaren belirli bir odak ve hedef olarak belirlerse, cinsiyet eşitsizliklerini kapsamlı bir şekilde ele almak ve mesleki ve sektörel ayrımcılığın ortadan kaldırılmasını sağlamak için önemli bir potansiyel vardır.

Tablo YÖ3. Nitel sonuçlar¹¹

Nitел Sonuçlar		
	BAU	Dönüşüm
İlave GSYH Katkısı	⇓	⇑
Cari denge	⇓	⇑
Fiyat hareketleri	⇑	⇓
TL oynaklığı	⇑	⇓
Orta-Yüksek Teknolojili Sektörlerin Payı	⇓	⇑
İstihdam		
İstihdam Artışı	↑	⇑
Kadın İstihdamı	→	⇑
Nitelikli İstihdam	↑	⇑
Ücret Düzeyi	→	↑
Diğer		
Bölgeler Arası Eşitlik	↓	↑

Çalışmada seçilen fayda-maliyet bileşenlerinin sosyal, çevresel ve diğer ekonomik değişkenlerle genişletilmesi mümkündür. Ancak, uygulanan modelin en önemli ekonomik etkileri ortaya koymak için yeterli olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda çalışmanın hiç kuşkusuz en önemli sonucu, karbon fiyatlandırması/vergisi olmadan da SKDM sektörleri için ihracatın toplam maliyetinin, toplam faydasını aşıyor olmasıdır.

İşaret edilen yüksek maliyetlere ilişkin mekanik bir değerlendirmeden kaçınmak gerekir. Mekanik bir yaklaşım ekonominin bütünü açısından nitel yanı ağır basan bazı olumlu etkileri göz ardı etmeye yol açabilecektir. Bu etki analizine dayanarak uygulanacak iyi tasarlanmamış politikalar, kısa vadede ek sorunlar yaratabilecek sonuçlara yol açabilir. Örneğin, herhangi bir sektörde sadece ihracatı sınırlandırmaya yönelik önlemler, istihdam kaybı ve firma küçülmeleri gibi yıkıcı sonuçlar yaratabilir. Bu nedenle, çalışmada BAU senaryosuyla ortaya konan yüksek maliyetlerin mutlaka güçlü bir yapısal dönüşümle bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, sektörlerin mevcut durum ve büyüme trendlerini koruyarak ilerlemesi yerine, katma değeri artırırken karbon yoğunluğunu azaltan, Türkiye'nin rekabet gücünü artırarak uluslararası değer zincirlerine daha ileri düzeyde eklenmesine olanak sağlayan sektör ve ürünlere öncelik verilmesi önem taşımaktadır. Böylelikle SKDM sektörleri başta olmak üzere karbonsuzlaşması güç olan tüm sektörlerde hidrojen, karbon yakalama gibi yüksek maliyetli yatırımlara ihtiyaç büyük ölçüde azaltılabilir. Buna ek olarak daha köklü bir yaklaşım emisyon azaltım stratejileri ile eş zamanlı dögüsel ekonomi pratiklerinin yerleştirilmesi, kaynak ve proses verimliliğini artırmaya çalışarak emisyon azaltımının yakanması olacaktır.

¹¹ Negatif veya azalış yönündeki etkiler aşağı yönlü okla, pozitif veya artış yönündeki etkiler yukarı yönlü okla, nötr veya sabit etkiler yatay okla gösterilmiştir. Okların sayısı etkilerin kuvvet derecesini belirtmektedir.



BÖLÜM 1

Giriş

2024 yılı itibarıyla Paris Anlaşması'na taraf olan 195 ülkenin %90'ı emisyon azaltım hedeflerini benimsemiş, 95 ülke de net sıfır taahhüdünü deklare etmiştir (World Bank Group, 2024). Söz konusu 95 ülke, küresel düzeyde enerjiden kaynaklanan emisyonların %85'inden sorumlu durumdadır. Hükümetlerin iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında geniş bir politika seti geliştirdiği gözlenirken uygulamada hâlâ çok önemli açıklar mevcuttur. Gelişmiş ekonomiler yeşil dönüşümü hızlandıracak sanayi politikası seçeneklerine yönelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), "Enflasyonu Düşürme Yasası" (IRA) kapsamında 110 milyar ABD\$ tutarında bir "Özel Sektör Temiz Enerjili Sanayi Yatırım Planı" açıklanmıştır. Benzer şekilde Avrupa Birliği (AB), "Net Sıfır Sanayi Yasası" ile hesaplı, güvenilir ve sürdürülebilir enerji teminini desteklemektedir. Bu girişimlerin tüm etkilerini görebilmek için zamana ihtiyaç bulunmaktadır. Hükümetler, içten yanmalı motorların kullanımını bırakma eğilimleri ve fosil kaynaklara dayalı elektrik santrallerinden çıkış stratejileriyle ulaştırma ve elektrik sektörlerinde karbonsuzlaşmayı desteklemektedir. Çok sayıda ülke de, kömür başta olmak üzere fosil yakıtlardan çıkış planlarını açıklamıştır. Yirmi sekizinci Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansında (COP 28) 24 ülke sıfır emisyonlu ulaştırma aracı standartlarını ortaya koyarken başka bir dizi ülke de bu doğrultuda hedefler benimsemektedir.

Diğer taraftan 2025 başından itibaren hem ABD'deki iktidar değişikliği ve Paris Anlaşması'ndan çekilme kararı,¹² hem de AB'de yeşil mutabakat ve rekabetçilik arasındaki dengeye yönelik kaygılar¹³ önümüzdeki birkaç yıl içinde sürecin yavaşlaması riskini de beraberinde getirmektedir. Bu rapor ağırlıklı olarak 2024 yılı itibarıyla geçerli dengeleri veri almakta, iniş çıkışlar ve gecikmeler olsa da karbonsuzlaşma hedefleri anlamında genel doğrultunun geçerli olacağı öngörüsüyle hareket etmektedir. Önümüzdeki dönemde bu raporda yer alan nicel büyüklükler farklılaşsa da özellikle Türkiye'de ilgili sanayi sektörlerine yönelik saptamaların geçerliğini koruyacağı düşünülmektedir.

AB tarafından uygulamaya alınan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), emisyon yoğun ürünlerin ithalatında karbon fiyatlandırması uygulamasıyla hem ithal hem yerli ürünlerin aynı vergilendirmeye tabi tutulmasını, böylece karbon yoğun ürünlerin yurt dışında üretilerek karbon salımının vergiden kaçınarak yer değiştirmesini sağlayıp yeni karbon kaçağını önlemeyi amaçlamaktadır. Bir yandan da söz konusu politika aynı zamanda karbon vergilerini eşitleyerek ithal ürünler karşısında AB'de üretilen ürünlerin rekabet gücünün korunması sonucunu doğurmaktadır. Diğer taraftan AB'de yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması eğilimi güçlenerek devam etmektedir. Yenilenebilir kaynaklara dayalı üretimin 2025 yılı başlarında dünyanın en büyük elektrik kaynağı hâline gelmesi, böylece kömürü geçmesi beklenmektedir. Bu gelişmelere rağmen, kapsamlı karbon fiyatlandırması da dâhil olmak üzere iklim politikası portföyünde sürekli ilerleme gerektiren geniş bir uygulama boşluğu olduğu açıktır. Karbon fiyatlandırması, ihtiyaç duyulan politika bileşiminin kritik bir parçasıdır.

¹² Başkan Trump 2025 başında IRA kapsamında yapılan tüm destek ödemelerini donduran bir kararname imzalamıştır. IRA için ayrılan 100 milyar ABD\$ tutarın 2024 sonu itibarıyla 50 milyar doları tahsis edilmiş ve 18 milyar doları ödenmiştir. Kalan 32 milyar doların ödemesi durdurulmuştur. Ancak, tahsisatlar kontrata bağlı olduğundan yargı yolu açık bulunmaktadır (The Washington Post, 2025).

¹³ Avrupa Komisyonu tarafından 2025 Şubat sonunda yeşil mutabakata ilişkin "omnibus paketi" olarak adlandırılan bir dizi revizyonun önerilmesi beklenmektedir. İçerik tam olarak açıklanmamış olmakla birlikte özellikle kurumsal sürdürülebilirlik raporlama yükümlülüklerinin ve sürdürülebilir faaliyetlere ilişkin AB taksonomisindeki zorunlulukların azaltılmasının önerileceği öngörülmektedir. Komisyondan bağımsız olarak Almanya ve Fransa'da da yükümlülüklerin iki yıl veya daha uzun süre dondurulmasına yönelik çağrılar yapılmaktadır. Ayrıca SKDM kapsamındaki raporlama yükümlülüklerinin azaltılması ve ithalatta minimum muafiyet sınırının artırılması gündeme getirilmektedir. Bununla birlikte gündemde olan değişiklikler net sıfır emisyon hedeflerine veya SKDM uygulanasının özüne yönelik herhangi bir değişiklik içermemektedir (Environmental Resources Management, 2025; EU News, 2025)

2020 yılı Eylül ayında, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında, AB sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 yılı seviyelerinin en az %55 altına düşürme hedefini gerçekleştirmek amacıyla "2030 İklim Hedefi Planı" (2030 Climate Target Plan) önerilmiştir. Ek sera gazı emisyon azaltımlarını sağlamak için AB Komisyonu, Haziran 2021'e kadar iklimle ilgili tüm politika araçlarının "Fit-for-55 Paketi" adı altında gözden geçirileceğini duyurmuştur. Paket, diğer girişimlerin yanı sıra, AB Emisyon Ticaret Sistemi'nin (AB ETS) revizyonu ve yeni bir SKDM için mevzuat önerileri içermektedir. SKDM Yönetmeliği (EU Regulation 2023/956) Aralık 2022'de kabul edilmiş ve Mayıs 2023'te yayınlanmıştır (European Commission, 2024a; European Commission, 2024b).

En son revizyonunda AB ETS, daha iddialı bir emisyon azaltma hedefine ulaşmak için azaltılmış bir üst sınır da dâhil olmak üzere hükümlerini sıkılaştırmıştır. Dolayısıyla, AB ETS kapsamındaki tesislerin sera gazı emisyonlarını daha önce hedeflenen seviyelere kıyasla daha fazla azaltması gerekmektedir. (Örneğin, 2018 ETS revizyonunda 2005'e kıyasla 2030'a kadar %43 azaltım hedeflenmekteyken son revizyonda bu hedef %55'e çıkarılmıştır). Artan emisyon azaltma hedefinin bir sonucu olarak, serbest tahsisat bütçesi azalması gündemdedir¹⁴. Ayrıca, azalan üst sınırla birlikte azalan tahsisat arzı dolayısıyla, karbon fiyatlarının artması beklenmektedir.

Bu gelişmeler karbon kaçağı riskinin artabileceği anlamına da gelmektedir. Karbon kaçağı, iklim politikalarıyla ilgili maliyetler nedeniyle işletmelerin üretimlerini daha gevşek emisyon kısıtlamalarına sahip diğer ülkelere aktarmalarıyla ortaya çıkabilecek durumu ifade etmektedir. Söz konusu aktarım ya üretimin AB'den emisyon azaltımı konusunda daha az istekli diğer ülkelere taşınması ya da AB ürünlerinin yerini daha karbon yoğun ithalatın alması yollarıyla gerçekleşebilir.

AB ETS'yi tamamlamak üzere gündeme getirilen AB SKDM, AB tarafından ithal edilen ürünlerin içerdiği emisyonların hesaba katılmasını ve bir karbon vergisine tabi olmasını hedeflemektedir. SKDM, AB'nin iklim politikalarına bağlı maliyetler nedeniyle belirli sanayi sektörlerinde ya da alt sektörlerdeki işletmelerin üretimlerini başka ülkelere aktarması ya da bu ülkelerden yapılan ithalattan kaynaklanacak karbon kaçağını önlemeye yöneliktir. Ekim 2023'te herhangi bir mali düzenleme olmaksızın emisyonların raporlanmasıyla başlayan SKDM, 2026'dan itibaren tam olarak uygulanmaya başlayacak, AB'ye ithalat yapanlar, ithal ettikleri ürünlerin içerdiği emisyonlar için AB ETS kapsamında ödeme yapmak zorunda kalacaklardır. Eş zamanlı olarak, AB üreticileri de AB ETS'nin ana karbon kaçağı önlemi olan daha az ücretsiz tahsisat alacaklardır.

Ekim 2023'ten Aralık 2025'e kadar olan SKDM geçiş dönemi boyunca, SKDM ürünlerinin ithalatçılarının bu ürünlerde gömülü olan emisyonları gerçek emisyonlara dayalı olarak bildirmeleri gerekmektedir. Ancak, 2023/5512 sayılı Uygulama Yönetmeliği (AB), 31 Temmuz 2024 tarihine kadar varsayılan değerlerin kullanılması da dâhil olmak üzere bazı esneklikler sağlamaktadır. Karbonsuzlaşma bağlamında önemli politika alanlarından biri olarak karbon fiyatlandırması, Türkiye için orta-uzun vadeli kritik başlıklardan biri konumundadır. SKDM'nin

¹⁴ AB'deki uygulamada karbon vergisine tabi sektörlerdeki üretimin bir bölümü karbon yükümlülüklerinden muaf tutulmakta, karşılığında firmalara "serbest tahsisat" belgeleri verilmektedir. Önümüzdeki dönemde AB'de serbest tahsisatların giderek azaltılarak sınırlanması gündemdedir (Statista, 2024).

uygulamaya geçmiş olması en büyük ticari partneri AB¹⁵ ile yürütülen ticaretin korunması ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Ancak, SKDM'ye uyum sağlayarak AB ticaretinin korunmasının ötesinde, Türkiye'nin 2053 Net Sıfır hedefi perspektifinden özel olarak SKDM'yi, genel olarak da küresel ticaretteki diğer düzenlemeleri aşan ve ekonomisinin bütününe kapsayan bir karbon fiyatlandırması politika setine ihtiyacı bulunmaktadır. Nitekim politika yapıcıların SKDM'nin etkilerini ortaya koymaya yönelik çalışmalarla yetinmediği, aynı zamanda ülkenin kendi ETS'sini geliştirmeye çalıştığı görülmektedir. İklim Kanunu Taslağı'nda yer alan ETS düzenlemesinin önümüzdeki birkaç yıl içinde uygulamaya alınması beklenmektedir.

Karbon Fiyatlandırması: Mevcut Durum

Emisyon azaltımını desteklemeye yönelik en önemli politika enstrümanlarından biri, karbon fiyatlandırması/vergi olarak öne çıkmaktadır. Karbon fiyatlandırmasına yönelik politikalar doğrudan ve dolaylı fiyatlandırma politikaları olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir. Doğrudan politikalar kapsamında karbon vergisi ve ETS iki ana politika alanı olarak öne çıkarken karbon kredi piyasaları iki alanı da kesmektedir. Dolaylı politikalar ise fosil yakıt desteklerinin azaltılması, fosil yakıt vergileri ve benzeri diğer araçlardan oluşmaktadır.

10 yıl önce uygulanan karbon fiyatlandırması/vergi politikaları toplam emisyonların %7'sini kapsarken günümüzde bu oran toplam emisyonların neredeyse %24'üne, 2023 yılında elde edilen karbon gelirleri de 104 milyar ABD\$'a ulaşmıştır (World Bank Group, 2024). Dünya çapında 75 adet karbon vergisi ve ETS (39 karbon vergisi, 36 ETS uygulaması) uygulanmaktadır. Çok sayıda ülkenin yanı sıra küresel düzeyde hava ve deniz taşımacılığı gibi sektör spesifik uygulamalar söz konusudur.

Karbon fiyatlandırması uygulamalarının gelişmekte olan ülkelerde de hız kazandığı görülmektedir. Endonezya, Türkiye, Hindistan, Brezilya, Şili, Kolombiya gibi ülkelerde ETS uygulamasına yönelik değişik düzeylerde girişimler söz konusudur. Karbon fiyatlandırma/vergilendirme politikalarının ülke ve sektör kapsamındaki hızlı genişlemeye ve enstrüman çeşitliliğindeki artışa rağmen uygulamanın karmaşıklık düzeyinden ötürü beklenmedik sorunlar açığa çıkmakta, bu konuda siyasi otoritelerin taahhütlerine, daha güçlü küresel çerçevelere ve inisiyatiflere ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Bu çalışma Giriş'ten sonra üç bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde kullanılan metodoloji ve model anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde toplam fayda maliyet analizi ve AB SKDM kapsamındaki her bir sektörü ayrı ayrı inceleyen sektörel fayda maliyet analizi nicel ve nitel boyutlarıyla ele alınmaktadır. Dördüncü ve son bölüm olan Sonuç bölümünde ise çalışma çıktılarının işaret ettiği genel sonuçlara yer verilmektedir.

¹⁵ Türkiye'nin toplam ihracatının %40'ından fazlası AB ülkelerine yapılmaktadır ve bir bütün olarak AB Türkiye'nin en büyük dış ticaret partneridir. SKDM kapsamındaki ürünlerin AB'ye ihracatı toplam ihracatın yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır. SKDM kapsamındaki ürünlerden Türkiye'den AB'ye en yüksek ihracatı olan ürünler demir-çelik ve alüminyumdur. Demir-çelik ihracatının yaklaşık üçte biri, alüminyum ihracatının ise yarısı AB ülkelerine yapılmaktadır.



BÖLÜM 2

Çalışmanın Amacı
ve Yöntemi

“SKDM ve Türkiye: Sektörel Etkileşimler, Faydalar ve Maliyetler” başlıklı bu çalışma, AB SKDM’nin nicel ve nitel etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. AB SKDM kapsamında Aşama 1’deki dört sektöre (demir-çelik, çimento, alüminyum ve gübre) odaklanan çalışmada, etkiler, “maliyetler ve faydalar” olarak farklı senaryolar dâhilinde belirlenmektedir. Sektör spesifik etkiler, ihracata konu üretimin yol açtığı karbon emisyonu, dış ticaret açığı, fiyat artışları, enerji talebi artışı gibi maliyetlerle ve ihracatın katma değeri, dış ticaret fazlası, fiyat düşüşleri, enerji talebi düşüşü gibi faydalarla¹⁶ ifade edilmektedir. Sektörler arası etkilerde ise ileri ve geri bağlantılı sektörlerde ortaya çıkan maliyet ve faydalarla (katma değer düşüşü ya da artışı), ilgili sektörün taşımalarından kaynaklanan karbon emisyonu, akaryakıt maliyeti gibi etkiler dikkate alınmaktadır. Etki kalemleri, maliyet ve fayda ayrımıyla, “Çalışmanın Metodolojisi” bölümünde ayrıntılı bir şekilde tanımlanmaktadır.

SKDM’nin yaratacağı maliyetlerin söz konusu dört sektörün mevcut ihracat düzeyleri üzerinden hesaplanması, öncelikle mevcut karbon emisyonu miktarlarının baz alınması, hesaplamaların lineer bir yaklaşımla geleceğe taşınarak hem sektörlerin toplam büyüklükleri hem de GSYH’ye oranlanması yaklaşımı doğru görünmekle birlikte orta-uzun vadeli etkilerin gerçeğe yakın ölçümlenmesi açısından yetersiz bir yaklaşımdır. Türkiye söz konusu olduğunda her bir sektörün karbonsuzlaşma ihtiyacıyla birlikte teknoloji, iş modeli, pazar olanakları açısından dönüşüm potansiyelinin dikkate alınması ve mevcut durumun sürdürülmesi senaryosu dışında da bir “dönüşüm” senaryosunun uyarlanması önem arz etmektedir (SHURA, 2023; SHURA, 2024).¹⁷ Lineer büyüme senaryosunda, karbon maliyetlerinde hızlı bir artış veya emisyonların lineer artışını sınırlamak için gereken karbonsuzlaşma yatırımları yüksek bir maliyete neden olacaktır. Buna karşılık, dönüşüm senaryosunda, karbon yoğun sektörlerde üretim artışının yavaşlaması veya üretim azalması, katma değeri artırıcı üretim kompozisyonundaki değişimle telafi edilebilir. Bu değişim, incelenen sektör ve ileri bağlantılı sektörlerde katma değer artışı sağlarken, karbon azaltımından sağlanan ek faydalar yaratabilir. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından 2023 yılında yayımlanmış “Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası” (SHURA, 2023) adlı çalışmada yer alan dönüşüm senaryosuna ilişkin açıklamalar, bu raporun “Senaryolar” başlıklı bölümünde verilmektedir (Bölüm 2.3).

Aynı zamanda sadece karbon maliyeti karşılaştırması yetersiz olacaktır. Daha önce vurgulandığı gibi karmaşık bir etki analizi güçlükler barındırmakla birlikte ileri ve geri bağlantılı sektörlerde açığa çıkacak etkiler, taşımalardan kaynaklanan etkiler gibi dolaylı etkilerin saptanması mümkündür ve bunların etki analizine eklenmesi daha sağlıklı bir değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda bu raporda yer alan SKDM “Etki Analizi”nde doğrudan etkilerin yanı sıra dolaylı etkiler de dikkate alınmış, buna ilişkin toplu bir görünüm ortaya konmaya çalışılmıştır.

¹⁶ Mevcut sanayi üretim ve ihracat yapısının devam etmesi durumunda ihracattan sağlanan katma değer bir fayda olarak değerlendirilirken söz konusu yapının yol açtığı cari açık, fiyat ve enerji talebi artışları maliyet olarak dikkate alınmaktadır. Sanayi üretim ve ihracat yapısında teknolojik ve karbonsuzlaşma eksenli bir dönüşüm gerçekleşmesi durumunda cari açık, fiyat ve enerji talebinde ortaya çıkan düşüşler fayda olarak değerlendirilmektedir.

¹⁷ Bkz. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Net 0 ve Sanayi Politikası çalışmaları (SHURA, 2023; SHURA, 2024a).

2.1. Karbon fiyatlandırması bağlamında Türkiye’de mevcut durum

Türkiye’de karbon fiyatlandırması kapsamındaki uygulamalara bakıldığında uluslararası standardizasyon (ISO) kapsamındaki fiili uygulamalar/raporlamalar ve AB SKDM’ye uyum kapsamındaki hazırlık çalışmaları öne çıkmaktadır. Henüz taslak halindeki İklim Değişikliği Kanunu’nda yer alan ETS düzenlemesinin (ÇŞİD, 2024a) bu alandaki ihtiyaçları büyük ölçüde kapsayacağı ve sadeleştireceği düşünülmektedir.

2.1.1. İklim değişikliği kanunu taslağı ve emisyon ticaret sistemi

İklim Değişikliği Kanunu Taslağı ile Yeşil Kalkınma Vizyonu ve 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda iklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğine uyum ve bu hususlara yönelik planlama ve uygulama araçlarını düzenlemek hedeflenmektedir. Bu kapsamda sera gazı emisyonlarına bir üst limit belirlenmesi ilkesine dayalı olarak çalışan ve tahsisatların alınıp satılması suretiyle sera gazı emisyonunu maliyet etkin bir şekilde sınırlandıran veya sınırlandırmayı teşvik eden ulusal ve uluslararası piyasa temelli bir mekanizma, bir ETS oluşturulması öngörülmektedir. Tahsisatların, emisyon ticaretine ilişkin sözleşmelerin, belgelerin ve kıymetlerin serbest rekabet şartları altında kolay ve güvenli bir şekilde alınıp satılabildiği bir karbon piyasasında ETS’nin yanı sıra karbon vergisi ve diğer finansal araçların da karbon fiyatlandırma araçları olarak kullanılması planlanmaktadır (ÇŞİD, 2024a).

2023 yılı Kasım ayında yayımlanan “Karbon Piyasalarının İşletilmesine İlişkin Yönetmelik” taslağında ETS uygulamasının başlaması için 2025 yılı hedeflenmektedir. ETS’ye yönelik altyapı oluşturma süreci 2015 yılında bir İzleme-Raporlama-Doğrulama (İRD) sistemi kurularak başlamıştır. Elektrik, sanayi ve havacılık sektörlerini kapsayan İRD sistemi, Türkiye’nin sera gazı emisyonunun %49’una denk düşmektedir. Bu sistem kapsamında 800’e yakın tesis bulunmakta olup bu tesisler üç grupta incelenmektedir. A kategorisinde, 50 ktCO₂e’den düşük emisyonu olan tesisler, B kategorisinde, 50 ile 500 ktCO₂e arasında emisyonu olan tesisler, C kategorisinde ise 500 ktCO₂e’den yüksek emisyonu olan tesisler yer almaktadır. 500 ktCO₂e’den yüksek emisyon üreten tesisler, İRD kapsamındaki emisyonların %92’sinden sorumludur. İRD sistemi raporlamalarında ISO 14064, ISO 14067 ve ISO 14040 standartları kullanılmaktadır.

Avrupa Birliği ETS temel alınarak hazırlanan ETS mekanizmasının, AB SKDM uygulamasını birkaç yıl gecikmeli takip edeceği öngörülmekle birlikte uluslararası karbon vergisi uygulamalarına uyumu kapsayacağı, bu nedenle geçiş sürecindeki SKDM, ISO standartları vb. izole uygulamaların zaman içinde ETS başlığı altında toplanacağı söylenebilir.

2.2. Çalışmanın metodolojisi (kavramlar, tanımlar, temel kaynaklar)

Yukarıda işaret edildiği gibi SKDM’nin etkilerine yönelik çalışmalar, hem AB perspektifinden hem de ticarete taraf ülkeler perspektifinden son birkaç yılın önemli konusudur. Düzenlemenin yeni olması, ülke özgünlükleri ve uygulamaya ilişkin bir dizi belirsizlik nedeniyle çalışmalar henüz metodoloji açısından gelişim aşamasındadır. Karbon emisyonu hesaplamasında AB Birleşik

Araştırma Merkezi'nin (JRC) Eylül 2023 tarihli raporu başlıca ticaret partneri ülkeleri dikkate alan önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu raporda her bir ülke için hesaplanan "varsayılan değerler" karbon emisyonu hesaplamaları için güvenilir ve güncel bir kaynak olmakla birlikte diğer etkilerin belirlenmesinde kullanılması zorunlu bir dizi başka değişken söz konusudur. Bu değişkenlere ilişkin ülkelere özgü veri setlerinin ve varsayımların oluşturulması, özgün bir model-yaklaşım geliştirilmesi gerekmektedir. Yine daha önce vurgulandığı gibi Türkiye için bugüne kadar yapılan çalışmalar doğrudan karbon maliyetine odaklanmakta, olası bir karbon vergisi uygulamasının hem ekonominin bütünü hem de sektörler açısından olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de bu bağlamda daha önce diğer kurumlar tarafından yapılan başlıca çalışmalar ağırlıklı olarak AB SKDM ile birlikte oluşabilecek rekabet gücü kaybı ve AB'nin iklim hedefleri doğrultusunda azalan serbest tahsisatlar sonucunda oluşabilecek ek maliyetleri ele almaktadır. Dünya Bankası tarafından 2022 yılında Türkiye için yayımlanan Ülke İklim ve Kalkınma Raporu'nda (CCDR) SKDM ile birlikte ilk etapta AB pazarında sınırlı rekabet gücü kaybına işaret edilmektedir (World Bank Group, 2022). Raporunda SKDM'nin ilk aşamasında metalik olmayan mineraller, demir-çelik ve demir dışı metallerin AB'ye ihracatında baz senaryoya kıyasla azalmanın bu alt sektörlerin hiçbirinde %6'yı geçmeyeceği ve toplam üretim üzerindeki etkisinin sifıra yakın olacağı saptanmaktadır. Ancak ürün ve pazar kapsamının genişlemesiyle birlikte etkilerin maliyetlerinin artacağı vurgulanmaktadır. CCDR raporunda SKDM'nin tüm ETS sektörlerini ve AB'nin yanı sıra ABD'yi de kapsamı halinde baz senaryoya kıyasla üretim kaybının metalik olmayan minerallerde %3,5, kimyasallarda %3, demir-çelik ve demir dışı metallerde ise %1'e ulaşabileceği hesaplanmakta, ancak, bu sektörel etkilerin fabrikasyon metal, makine ve ekipman gibi daha katma değerli ürünlerdeki artışlarla telafi edilebileceği belirtilmektedir. Diğer taraftan Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği (ÇŞİD) Bakanlığı ve Climate Focus tarafından yapılan hesaplamalarda, Türkiye'de karbon fiyatlandırması uygulanmadığında 2027-2032 döneminde AB karbon vergisinin ton başına 75 €'dan 150 €'ya çıkması halinde Türkiye'nin yıllık maliyetinin 138 milyon €'dan 2,5 milyar €'ya yükseleceği tespit edilmekte ve bu sebeple Türkiye'de ETS uygulamasına geçilerek elde edilecek gelirlerin yurt içinde kalması önerilmektedir (EBRD, vd., 2023)¹⁸.

"SKDM ve Türkiye: Sektörel Etkileşimler, Faydalar ve Maliyetler başlıklı bu çalışmada ise Türkiye'nin SKDM ürünlerinde dünyaya ve AB'ye ihracatından kaynaklanan doğrudan ve dolaylı fayda ve maliyetler bir bütün olarak incelenerek SKDM kaynaklı emisyon maliyetleri bu çerçeve içinde ele alınmıştır. Bu bağlamda Rapor özgün bir modelle görece kapsamlı bir fayda-maliyet analizi geliştiren ilk çalışmalardan biridir.

¹⁸ Bu çalışmada TR ETS kapsamında tahsil edilecek tutarların AB SKDM'den otomatik olarak mahsup edilebileceği varsayılmıştır. Uygulamada ise mahsuplaşma kabiliyeti TR ETS'nin AB nezdinde tanınmasına bağlı olacaktır.

2.2.1. Yaklaşım

Çalışmanın amacı AB SKDM'nin Türkiye Sanayii ve Ekonomisi üzerindeki nicel ve nitel etkilerini belirleyerek buna ilişkin bir "Etki Analizi" ortaya koymaktır. AB SKDM'nin 2026'dan itibaren uygulanmaya başlanacak olan Aşama 1'inde yer alan dört sektörden kaynaklanan (demir-çelik, çimento, alüminyum ve gübre) etkiler, fayda ve maliyet ayrımıyla belirlenmektedir.

Söz konusu etkiler; 1)SKDM ile gündeme gelecek karbon fiyatlandırması/vergisi uygulamasının söz konusu sektörlerle getireceği ek maliyetlerin yanı sıra ihracat hacimleriyle yarattıkları diğer maliyet ve faydalar dâhil olmak üzere daha geniş bir perspektiften "doğrudan etkiler" hesaplanması; 2)İlgili sektörlerin ihracat hacimlerindeki oynamaların ileri ve geri bağlantılı sektörlerde yarattığı etkilerin fayda-maliyet ayrımıyla değerlendirilmesi; 3)İhracata konu yüklerin taşımalarından kaynaklanan etkiler olmak üzere üç basamaklı bir yaklaşımla ele alınmakta olup ikinci ve üçüncü basamaktaki etkiler "dolaylı etkiler" olarak nitelenmektedir.

Nicel etkilere ek olarak bu çalışma kapsamında hesaplanmayan diğer etkileri (GSYH, istihdam, bölgesel etkiler vb.) kapsamak üzere, nitel etkilere ilişkin bir değerlendirme de çalışmanın sonunda ayrıca bulunmaktadır¹⁹.

Birinci Basamak: Doğrudan Etkiler

Her bir sektör için doğrudan etkilerin kapsamı SKDM'ye konu olan ürün gruplarının²⁰ ihracata konu üretimleriyle bağlantılı tanımlanmaktadır. Doğrudan etkileri ortaya koymak için tanımlanan maliyet ve fayda kalemleri aşağıda açıklamalarıyla birlikte yer almaktadır:

Maliyetler

- **Karbon emisyonu:** SKDM kapsamında tanımlanan ilgili ürünün ihracata konu kısmının üretiminden kaynaklanan karbon emisyonu miktarı, ihracat miktarının ilgili ürünün karbon emisyonuna ilişkin "varsayılan değer"le çarpımı sonucu bulunmaktadır. "Varsayılan değer" olarak JRC'nin Türkiye için hesapladığı değerler kullanılmaktadır. Ürünler toplanarak her bir sektör için toplam karbon emisyonu miktarı hesaplanmaktadır. Söz konusu miktar, senaryolar dâhilinde varsayılan ilgili karbon fiyatıyla çarpılarak nihai karbon emisyonu maliyetine ulaşılmaktadır.
- **Dış ticaret açığı:** Sektör bazında SKDM kapsamındaki ürünlerin toplam ithalatıyla toplam ihracatı arasındaki farkın ihracat aleyhine olması dış ticaret açığını ifade etmektedir. Dış ticaret açığı, bir maliyet kalemi olarak değerlendirilmektedir. Dış ticaret açığının cari açığa, dolayısıyla döviz kurlarına, fiyatlara ve sektör katma değerine etkisi de ayrıca dikkate alınmaktadır.

¹⁹ SHURA'nın karbonsuzlaşma yol haritasının GSYİH, üretim, imalat sanayi ve istihdam üzerindeki etkilerini ölçen "Net Sıfır 2053: Türkiye'de Karbonsuz Enerjiye Geçişin Sosyoekonomik Etkileri" adlı çalışma yalnızca enerji dönüşümüyle birlikte gelecek etkileri ölçmektedir. Çalışmada sanayi dönüşümünün etkisi ölçülmemiş, hâlihazırda net sıfır senaryosunda öngörülen bu dönüşümün gerçekleştiği varsayılmıştır. Çalışma esas olarak enerji dönüşümünün sektörler üzerindeki etkilerini ölçmektedir ve kullanılan metodoloji gereği yurt içi ve yurt dışında karbon fiyatlandırmasının etkilerini kapsamamaktadır (SHURA, 2024b).

²⁰ Bkz. Ek 1

- **Fiyat artışı:** Dış ticaret açığının döviz kuru üzerinden ilgili sektördeki fiyatlara olan etkisi dikkate alınarak toplam Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) ve Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) değeri hesaplanmaktadır. Değer artış yönündeyse maliyet olarak yansıtılmaktadır.
- **Enerji talebi artışı:** İlgili sektörün ihracatındaki artışının uyardığı enerji talebi artışı hesaplanmaktadır.

Faydalar

- **İhracat katma değeri:** SKDM kapsamında tanımlanan ürünlerin ihracatından sağlanan katma değer, ilgili sektörün ortalama katma değer/üretim değeri oranının ihracat tutarıyla çarpılmasından elde edilmektedir. İhracatın GSYH'ye, ekonominin geneline etkisini ifade etmek için kullanılmaktadır.
- **Dış ticaret fazlası:** İlgili sektörün toplam ihracatıyla toplam ithalatı arasında ihracat lehine kazanılan farktan oluşmaktadır. Dış ticaret fazlasının cari açığa ve dolayısıyla döviz kurlarına etkisi dikkate alınmaktadır.
- **Fiyat düşüşü:** İlgili sektörün ÜFE'si ve dış ticaret fazlasının fiyatlar üzerindeki etkileri dikkate alınarak toplam ÜFE ve TÜFE değeri hesaplanmaktadır. Değer düşüş yönündeyse fayda olarak yansıtılmaktadır.
- **Enerji talebi düşüşü:** İlgili sektörün ihracatındaki düşüşün uyardığı enerji talebi düşüşü hesaplanmaktadır.

İkinci Basamak: Dolaylı etkiler - İleri ve Geri Bağlantı Etkileri

İkinci basamak, her bir sektörün ileri ve geri bağlantılı sektörlerde açığa çıkardığı etkilerden oluşmaktadır ve dolaylı etki olarak nitelenmektedir. İlgili sektörü girdi olarak kullanan sektörler ileri bağlantılı sektörler, sektöre girdi sağlayan sektörler ise geri bağlantılı sektörler olarak tanımlanmaktadır. SKDM sektörü üretiminde ve fiyat düzeyinde meydana gelen değişikliklerin, ileri ve geri bağlantılı sektörlerin üretim ve katma değerine etkileri, maliyet ve fayda açısından değerlendirilmektedir. Bu durum aşağıda daha detaylı açıklanmaktadır:

Maliyetler

- **İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü:** TÜİK tarafından yayımlanan GSYH girdi-çıkıtı tabloları kullanılarak incelenen sektördeki bir birimlik üretim değişiminin, ileri bağlantılı sektörlerdeki üretim değişimi karşılığı baz alınmaktadır. Söz konusu ilişki kullanılarak SKDM sektöründeki olası üretim ve fiyat değişikliklerinin ileri bağlantılı sektörlerde yarattığı katma değer değişiklikleri hesaplanmaktadır. Örneğin, demir-çelik sektöründe maliyet ve diğer gider artışlarına bağlı nihai fiyat artışlarının ileri bağlantılı sektörlerde, örneğin otomotiv ya da makine sektöründe yarattığı katma değer düşüşü maliyet olarak yansıtılmaktadır²¹.

²¹ Ana sektördeki fiyat artışları, dış ticaret açığı artışı, üretim kompozisyonu yapısı, enerji maliyeti artışları vb. nedenlerden kaynaklanmaktadır.

- **Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü:** TÜİK tarafından yayımlanan girdi-çıkıtı tabloları kullanılarak ilgili sektördeki bir birimlik üretim değişiminin, geri bağlantılı sektörlerde uyardığı üretim değişimi hesaplanmaktadır. Örneğin, demir-çelik üretimindeki azalmanın sektöre girdi sağlayan madencilik sektöründe ya da hizmet sağlayan kara yolu taşımacılığında yol açtığı üretim/hizmet değeri gerilemesi belirlenmektedir. Söz konusu üretim değişimi her bir sektörün katma değer/üretim değeri kullanılarak katma değere çevrilmektedir. Üretim değişimi azalma yönündeyse maliyet olarak yansıtılmaktadır.

Faydalar

- **İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı:** TÜİK tarafından yayımlanan GSYH girdi-çıkıtı tabloları kullanılarak incelenen sektördeki bir birimlik üretim değişiminin, ileri bağlantılı sektörlerdeki üretim değişimi karşılığı baz alınmaktadır. Söz konusu ilişki kullanılarak temel alınan sektördeki olası fiyat düşüşlerinin, ileri bağlantılı sektörlerle sağladığı katma değer artışı, fayda olarak yansıtılmaktadır. Ana sektördeki fiyat düşüşleri, teknoloji, üretim kompozisyonu değişimi, dış ticaret açığında azalma, enerji maliyetlerindeki düşüş vb. nedenlerden kaynaklanmaktadır.
- **Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı:** TÜİK tarafından yayımlanan girdi-çıkıtı tabloları kullanılarak ilgili sektördeki bir birimlik üretim değişiminin, geri bağlantılı sektörlerde uyardığı üretim değişimi hesaplanmaktadır. Ana sektördeki bir birimlik üretim artışının geri bağlantılı sektörlerde yol açtığı üretim artışı hesaplandıktan sonra, söz konusu üretim değişimi her bir sektörün katma değer/üretim değeri kullanılarak katma değere çevrilmekte ve katma değer artışı fayda olarak değerlendirilmektedir.

Üçüncü Basamak: Dolaylı etkiler - Taşıma Etkileri

Maliyetler

- **Taşımacılık karbon emisyonu:** İhracata konu olan yükün üretimine yönelik taşımalar ve nihai taşınması için kullanılan akaryakıttan (fosil yakıt) kaynaklanan karbon emisyonu hesaplanmaktadır.
- **Akaryakıt maliyeti:** Yük taşımalarında kullanılan akaryakıt miktarı hesaplanmakta, elde edilen sonuç birim akaryakıt değeriyle çarpılarak toplam akaryakıt maliyeti bulunmaktadır.

Tablo 1. Nicel etki analizi kapsamı

ETKİ ANALİZİ	
Birinci Basamak: Doğrudan Etkiler	
Maliyetler	Karbon emisyonu
	Dış ticaret açığı
	Fiyat artışları (TÜFE** etkisi)
	Enerji talebi artışı
Faydalar	İhracat katma değeri (SKDM sektörü)
	Dış ticaret fazlası
	Fiyat düşüşleri (TÜFE etkisi)
	Enerji talebi düşüşü
İkinci Basamak: Dolaylı Etkiler - İleri ve Geri Bağlantı Etkileri	
Maliyetler	İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü
	Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü
Faydalar	İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı
	Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı
Üçüncü Basamak: Dolaylı Etkiler - Taşıma Etkileri*	
Maliyetler	Taşımalardan kaynaklanan karbon emisyonu
	Taşımalarda kullanılan akaryakıt maliyeti

* Bu çalışmada taşımacılık sektöründe yaratılan etkilerden ziyade taşımadan kaynaklanan etkilere odaklanılmakta, ihracattaki değişimlerin taşıma sektörü katma değeri üzerindeki yaratacağı katma değer değişiklikleri dikkate alınmamaktadır.

2.2.2. Modelin yapısı ve varsayımları

Bir önceki bölümde yer verilen SKDM'nin etkilerini maliyet ve faydalar olarak nicelleştirmeye yönelik seçilen değişkenleri için, 2009-2023 dönemi gerçekleştirmeleri ya da bu gerçekleştirmelerden hareketle yapılan hesaplamalardan/geçmiş tahminlerinden oluşan veri setleri üretilmiştir. Söz konusu veri setleri, her bir ürün grubu ve sektör bazında ihracat, dış ticaret dengesi, fiyat hareketleri, enerji talebi, ileri-geri bağlantı etkileri, taşımacılık hacmi gibi başlıklarda söz konusu dönemdeki temel eğilimleri, dinamikleri anlamaya yardımcı olurken iç bağlantılar konusunda da fikir vermektedir.

2009-2023 verilerinin ortaya koyduğu eğilimlere ek olarak her bir sektör için gelecek eğilimleri (teknoloji düzeyi, rekabet koşulları, pazar olanakları vb.) göz önünde bulundurularak 2024-2050 dönemi için projeksiyonlar yapılmıştır. Yapılan projeksiyonlar, gelecek tahmininden ziyade karşılaştırmalı etkilerin simülasyonunu amaçlamakta, karbon vergisi dışında üretim maliyetlerinden ve uluslararası ticaret koşullarındaki değişimlerden kaynaklanabilecek etkiler dikkate alınmamaktadır. Çok uzun bir süreci kapsayan tüm projeksiyon çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da nicel büyüklüklerin itibari ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Aşağıda hem geçmiş tahminleri hem de gelecek projeksiyonları yaparken kullanılan temel varsayımlar özetlenmektedir. **Yapılan projeksiyonlara kaynaklık eden nüfus, GSYİH ve sanayi büyümesine ilişkin ana varsayımlar Ek-2’de özetlenmiştir²².**

Doğrudan Etkiler

- Karbon emisyonları, her bir sektör için, geçmişteki ihracat miktar gerçekleştirmeleri “varsayılan değerler” ile çarpılarak hesaplanmıştır. 2024-2050 dönemi için ise karbon emisyonu projeksiyonları, Türkiye’nin ilgili sektörlerdeki toplam dış ticareti ve AB ticareti projeksiyonlarından türetilmiştir. Bu kapsamda ihracat, ithalat, dış ticaret dengesi geçmiş verileri, detaylı bir şekilde analiz edilmiş, iki senaryo baz alınarak, geleceğe yönelik dış ticaret (ihracat, ithalat, dış ticaret dengesi) tahminleri oluşturulmuştur. BAU senaryosunda geçmiş eğilimle uyumlu bir ihracat büyüme tahmini söz konusu olurken Dönüşüm senaryosunda her bir sektörün ihtiyaçları dikkate alınarak geçmiş eğilimden farklı büyüme oranları alınmıştır. BAU senaryosunda mevcut üretim kompozisyonunun çok büyük bir değişim göstermeyeceği, ihracat-yurt içi tüketim dengesinin korunacağı öngörüldükçe Dönüşüm senaryosunda üretim kompozisyonunda özellikle yurt içi talep, karbonsuzlaşma gibi ihtiyaçlar gözetilerek ihracat/üretim düzeyinde köklü sayılabilecek bir değişim yaşanacağı varsayılmıştır. İhracat miktarı projeksiyonlarından hareketle yine “varsayılan değerler” kullanılarak karbon emisyonu miktarına yönelik projeksiyonlar yapılmıştır.²³
- Her bir sektörün ihracat gelişimine ilişkin projeksiyonlarda uluslararası pazar koşulları tarafından şekillenen dış talep dinamiklerinin yanı sıra, iç pazar dinamikleri ve üretim kapasitesi başta olmak üzere arz tarafındaki gelişmeler/kısıtlar da göz önünde bulundurulmuştur.
- 2009-2023 ihracat ve ithalat değeri ve miktar gerçekleştirmeleri, dış ticaret değeri gerçekleştirmeleri SKDM kapsamındaki ürün grupları²⁴ bazında derlenmiştir. Sektör gerçekleştirmeleri ürün gruplarının toplamından elde edilmiştir. Aynı şekilde gelecek projeksiyonları da ürün grupları bazında yapılmış, sektör için toplulaştırılmıştır.
- Her bir ürün grubu için karbon emisyonu miktarları oluşturulurken AB Joint Research Center (JRC) küresel emisyon veri tabanında (EDGAR) Türkiye için hesaplanan “varsayılan değerler” ile gerçekleşen ya da projekte edilen ihracat miktarlarının çarpımı kullanılmıştır.
- Fiyat değişimlerinde 2009-2023 dönemi için sektör bazında Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) verileri derlenmiş, ÜFE’nin temel bileşenleri ve Tüketici Fiyat Endeksi’ne (TÜFE) etkisine ilişkin varsayımlar üretilmiştir. ÜFE’nin temel bileşenleri olarak cari açık etkisi, arz açığı ve enerji fiyatları etkisinin ağırlıkları tahmin edilmiştir. Söz konusu etkilerin her bir senaryo için gelecekteki ağırlıklarının olası değişimi ve etki yönleri dikkate alınarak sektörün ihracat gelişiminin TÜFE’ye etkisi nihai fiyat etkisi olarak projekte edilmiştir.

²² SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Net Sıfır ve Sanayi Politikası çalışmalarında yer alan BAU ve Dönüşüm senaryoları kapsamındaki projeksiyonlardan yararlanılmıştır (SHURA, 2023; SHURA, 2024a).

²³ SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Net Sıfır ve Sanayi Politikası çalışmalarında yer alan BAU ve Dönüşüm senaryoları kapsamındaki projeksiyonlardan yararlanılmıştır (SHURA, 2023; SHURA, 2024a).

²⁴ Her bir sektör için SKDM ürünlerinin listesi Ek 1’de yer almaktadır.

- Enerji talebi değişimi için 2009-2023 dönemi gerçekleştirmelerinde her bir sektörün enerji tüketimi (elektrik ve doğrudan kullanılan birincil enerji kaynakları) incelenmiş (ETKB, 2024), ihracata yönelik üretim değişimiyle enerji talebi değişimi arasındaki korelasyon doğrulanmıştır. Bu bilgiden hareketle 2024-2050 dönemi için enerji talebi değişimi ihracat değişimiyle paralel oluşturulmuştur.

Dolaylı Etkiler

- İleri bağlantılı sektörlerle yönelik dolaylı etkiler, 2009-2023 dönemi için SKDM sektörünün ihracata yönelik üretim gerçekleştirmeleriyle, TÜİK girdi-çıkıtı tablolarından türetilen katsayılar kullanılarak üretilmiştir. Geleceğe yönelik etkiler içinse her bir sektör için projekte edilen ihracat miktarlarından hareketle ileri bağlantı etkileri hesaplanmıştır. Ayrıca, BAU senaryosunda hem ilgili sektörlerdeki dış ticaret açığının kura etkisiyle oluşan (kur-enflasyon geçişi), hem de doğrudan etkilerde hesaplanan fiyat artışlarının ileri bağlantılı sektörlerde yaratacağı katma değer kaybı da hesaplanmıştır. BAU senaryosu için 2009-2023 döneminde geçerli kabul edilen katsayılar kullanılırken Dönüşüm senaryosunda hem maliyet düşüşleri hem de ürün sofistikasyonundaki artışlar dikkate alınarak katma değer artışına yol açacak katsayı değişimleri öngörülmüştür.²⁵
- Geri bağlantılı sektörlerle yönelik dolaylı etkiler, 2009-2023 dönemi için ilgili SKDM sektörünün ihracata yönelik üretim gerçekleştirmeleriyle, TÜİK girdi-çıkıtı tablolarından türetilen katsayılar kullanılarak üretilmiştir. 2024-2050 dönemi için BAU senaryosunda ihracat artışının yüksek olması paralelinde geri bağlantılı sektörlerin üretim ve katma değerinde artış olacağı öngörülürken, Dönüşüm senaryosunda bir gerileme yaşanacağı varsayılmıştır.²⁶
- İhraç edilen ürünlerin taşımalarından kaynaklanan karbon emisyonları, bu ürünlerin taşımaları sırasında kullanılan akaryakıt miktarlarından türetilmiştir. Akaryakıt miktarları hesaplanırken ihraç edilen ürünlerin üretiminde kullanılan yüksek hacimli girdilerin taşımaları ile birlikte ürünlerin tüm ileri-geri hareketleri dikkate alınmıştır. Özellikle demir-çelik ve çimento sektörlerinde kullanılan kömür ve diğer fosil yakıtlar, demir cevheri, diğer mineral girdiler, yüksek hacimli taşımalara konu olmaktadır. Yine söz konusu sektörlerde ihracata konu olan yüklerin limanlara erişiminin gerçekleşmesi için dünya standartlarının çok üstünde mesafeler kat edilmesi gerekmektedir. Söz konusu hesaplamalarda hem Türkiye’de ticari yük taşımalarının akaryakıt tüketiminden aldığı pay hem de taşıma modlarına göre akaryakıt tüketiminin dağılımı, yüksek hacimli dökme yüklerin deniz ve kara yolu taşımacılığındaki payları gibi veriler kullanılmıştır.²⁷
- Akaryakıt maliyeti güncel akaryakıt fiyatı kullanılarak hesaplanmıştır.

²⁵ Örneğin, demir-çelik sektöründe hem yassı çelik üretim kapasitesinin artışı hem de karbonsuzlaşmanın otomotiv, makine, elektrikli teçhizat gibi sektörlerde katma değer artışı sağlayacağı öngörülmüştür. Katma değer artışında bir etken, sözü edilen dönüşümün hem ithalat yerine içeriden tedarik hem de yerli üretim maliyetinin daha uygun olmasına bağlı olarak ileri bağlantılı sektörlerde maliyet avantajı yaratacağı düşünülmektedir. En önemli girdilerden birinde yurt içi üretim kapasitesinde artışın sadece maliyet avantajı değil tedarik zinciri kısalması ve güvenliği yoluyla da ileri bağlantılı sektörün rekabet gücünü artıracığı dikkate alınmıştır.

²⁶ Dönüşüm senaryosunda geri bağlantılı sektörlerde üretim düşüşü öngörülmekle birlikte katma değer düşüşü çalışmada varsayılandan daha sınırlı olabilir. SKDM sektöründe teknolojik dönüşüm ve karbonsuzlaşmanın sağladığı avantajlar ve katma değer artışı, geri bağlantılı sektörlerin fiyatlarına ve dolayısıyla katma değerlerine olumlu yansıtılabilir.

²⁷ Ticari taşımalarda fosil yakıtlardan alternatif, karbonsuz ya da düşük karbonlu yakıtlara geçiş eğilimi varsayımlara yansıtılmamıştır. Söz konusu geçişin hızını kestirmek mevcut teknolojik gelişmelerle güçlükler taşımaktadır. Ancak her iki senaryoya da aynı şekilde uygulanacağı için toplam maliyetleri aşağı çekici etki dışında karşılaştırma sonuçlarını fazla etkilemeyeceği düşünülmektedir.

2.3. Senaryolar

SKDM etkilerinin uzun dönem değerlendirmesi için bu raporda Türkiye'deki sanayi üretiminin mevcut yapısından ve dönüşüm ihtiyaçlarından yola çıkarak, "Olağan Durum" (BAU) ve sanayi üretiminin karbonsuzlaşma ve sürdürülebilir kalkınma ikili hedefine ulaşabilecek şekilde dönüştürüldüğü "Dönüşüm" olmak üzere iki senaryo üzerinde odaklanılmıştır²⁸.

Türkiye; gıda, tekstil, inşaat malzemeleri, kimya/petrokimya, ana metaller, makine/teçhizat ve otomotiv endüstrilerini kapsayan geniş yelpazeli bir imalat sektörüne sahiptir. Bununla birlikte, Türkiye sanayisinin ürün bileşiminde, düşük ve düşük-orta teknoloji kullanan düşük katma değerli ürünler baskın durumdadır. Birçok stratejik sektörde üretimin iç pazarın ihtiyaçlarını karşılayamaması ara ve nihai ürünlerde ithalat bağımlılığına yol açarken, yüksek enerji kullanan sektörlerde iç talebi büyük oranda aşan kapasite fazlası, düşük katma değerli ve ithalata bağımlı ihracatı tetiklemektedir. Düşük teknoloji, düşük değer tuzağı, ulusal politika ve strateji belgelerinde ekonomik büyümeyi sınırlayan ve Türkiye'nin dış ticaret açığını artıran önemli bir yapısal faktör olarak kabul edilmiştir. Ulusal kalkınma planları gibi temel politika belgeleri endüstriyel dönüşüm ihtiyacının önemini vurgulamaktadır.

Dönüşüm senaryosundaki sanayi tahminleri, sanayi faaliyetine ve ihracata ilişkin tahminler, ulusal politika belgelerinde de kabul edilen yeşil ve dijital endüstriyel dönüşüm paradigmasının sunduğu potansiyellerle birlikte, daha yüksek teknoloji düzeyine ve daha yüksek katma değerli sektör ve ürünlere doğru kaymaya dayanmaktadır. Dönüşüm Senaryosu, Türkiye sanayisinin yukarıda belirtilen özelliklerine ilişkin bir farkındalığı yansıtmakta ve 30 yıllık dönemde sürdürülebilir GSYİH büyümesine olanak sağlayan daha yüksek teknoloji ve daha yüksek katma değerli üretime geçişi temsil etmektedir. Karbonsuzlaşma perspektifinden bakıldığında, özellikle 2030'dan sonrası için şekillenen endüstriyel karma, mevcut bileşime göre daha az enerji yoğun ve elektrifikasyona daha yatkındır. 2020 yılı itibarıyla imalat sanayi sektörünün toplam sektör katma değeri içindeki payı %21, orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin imalat katma değeri içindeki payı ise %35'tir. Bu çalışmadaki tahminler, daha yüksek teknoloji ürünlerine geçişle birlikte imalat sektörünün toplam sektörel katma değer (sanayi, hizmetler ve tarım dâhil) içindeki payının 2040'ta %26,5'e çıkacağını ve 2055'te %23 seviyesinde istikrarlı hâle geleceğini göstermektedir. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin toplam sektör katma değeri içindeki payının 2030 yılında %40,8'e, 2055 yılında ise %59,2'ye ulaşacağı öngörülmektedir.

Toplam sektörel katma değerinin %6'sını oluşturan karbonsuzlaşması zor sektörler, yani ana metaller (demir-çelik, demir dışı metaller ve işlenmiş metal ürünler dâhil), metalik olmayan mineraller (cam, çimento ve seramik) ve kimyasallar (kimyasallar, petrokimya, gübreler ve plastikler), mevcut durumda birincil enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini gerçekleştirmekte ve talep tarafı da karbon emisyonlarının %24'üne neden olmaktadır. Bu sektörlerde toplam katma değer, üretim değerine kıyasla nispeten düşük olmakla birlikte, istikrarlı bir ekonomik kalkınma

²⁸ Sanayi yapısına ve dönüşüme ilişkin saptama ve varsayımlar SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi'nin net sıfır karbon yol haritası ve sanayi politikası çalışmalarında daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır (SHURA, 2023; SHURA, 2024a). Ana bulgu ve varsayımlar bu raporda ilgili bölümlerde ve Ek-2'de özet olarak verilmektedir.

için gerekli faaliyetlerin sürdürülmesi stratejik önemdedir. Bu sektörlerde, ağırlıklı olarak iç talebi karşılamaya yönelik daha yüksek katma değerli ve daha az enerji yoğun ürünlere ağırlık verilen seçici bir büyüme stratejisi öngörülmektedir.

Çalışmada kullanılan iki senaryo, Olağan Durum (BAU) ve Dönüşüm senaryoları, ihracat büyümesi, ihracat kompozisyonu, ileri ve geri bağlantılı sektörler için etki düzeyleri, enerji talebi ve ürün fiyat değişimi gibi değişkenlere dair farklı varsayımlara sahiptir.

- **Olağan Durum (BAU):** 2024-2050 dönemi için ihracat büyümesi geçmiş gerçekleştirmelerle daha uyumlu öngörülmüş, mevcut yapısal dinamiklerin devam edeceği düşünülmüştür. Bu nedenle bu senaryoda Dönüşüm senaryosundakinden daha yüksek ihracat büyüme oranları projekte edilmiştir. Yine ihracat kompozisyonunun, yani ürün grupları bileşiminin geçmişle benzer seyredeceği varsayılmıştır. Söz konusu varsayımların sonucu olarak ilgili sektörler için sağlanan geri bağlantılı sektörlerde olumlu etkiler, ileri bağlantılı sektörlerde ise olumsuz etkiler ortaya çıkacağı öngörülmüştür. İleri bağlantılı sektörlerdeki olumsuz etkiler hem ilgili sektörlerdeki dış ticaret açığının kura etkisiyle oluşan (kur-enflasyon geçişi), hem de doğrudan etkilerde hesaplanan fiyat artışlarının ileri bağlantılı sektörlerde yaratacağı katma değer kaybından kaynaklanmaktadır.
- **Dönüşüm:** Bu senaryoda 2024-2050 dönemi için sanayinin daha düşük karbonlu ve yüksek katma değerli ürünlere yöneleceği bir sanayi bileşimi öngörülmüştür. Özellikle SKDM sektörlerinde, üretim kapasitesinde görece yüksek katma değerli ürünlerin ağırlığının artmasına olanak tanıyacak bir değişim yaşanacağı, yine katma değeri olumlu etkileyecek bir dış ticaret dengelenmesi (ihracatı yüksek, düşük katma değerli ürünlerde azalma, ithalata konu yüksek katma değerli ürünlerde yurt içi üretim) ve sürdürülebilir ürünlerin gelişimi bu bağlamda bulunan başlıca varsayımlar olarak sıralanabilir. Bu senaryoda SKDM sektörlerinde ihracat büyümesi her bir sektör bazında farklı olmakla birlikte, genel olarak sınırlı artış ya da azalma öngörülmüştür. İhracatın sınırlandırılması geri bağlantılı sektörlerde olumsuz yansırken ileri bağlantılı sektörlerde, hem maliyet etkisi hem de ürün kompozisyonu değişimiyle olumlu etkiler sağlamaktadır. Diğer taraftan ihracatta düşüş varsayımı, yalnızca ihracatın tutarının ve miktarının azalması anlamına gelmektedir. İhracattan elde edilen katma değer ise artacağı öngörülmürken, sektörün toplam üretimindeki gelişim ve toplam katma değer artışının ihracat değerindeki düşüşü fazlasıyla telafi edeceği, özellikle dönüşümün ileri bağlantılı sektörlerde olumlu yansımalarıyla birlikte net faydanın artacağı öngörülmektedir.

Çalışmada dört farklı karbon fiyatı varsayımı kullanılmıştır: 0 €/ton, 70 €/ton, 100 €/ton ve 120 €/ton. 100 €/ton temel varsayım olarak kabul edilmiştir. Aşağıdaki tabloda her iki senaryo için temel varsayımlar özetlenmektedir:

Tablo 2. Temel varsayımlar BAU senaryosu

BAU			
	2026-2035	2036-2050	2023-2050
Karbon Fiyatı (€)	100	100	100
<i>Demir-Çelik</i>	100	100	100
<i>Çimento</i>	100	100	100
<i>Alüminyum</i>	100	100	100
<i>Gübre</i>	100	100	100
İhracat Değişimi (Miktar - Yıllık Ortalama)			
<i>Demir-Çelik</i>	%4,0	%2,0	%1,7
<i>Çimento</i>	%4,0	%2,0	%1,7
<i>Alüminyum</i>	%4,0	%2,0	%1,7
<i>Gübre</i>	%4,0	%2,0	%1,7
Enerji Talebi Değişimi	<i>İhracat miktar değişimiyle paralel</i>		
Geri Bağlantılı Sektörler Üretim Değişimi	<i>Ana sektör ihracat miktar değişimiyle paralel</i>		
İleri Bağlantılı Sektörler Üretim Değişimi	<i>Ana sektör fiyat değişimiyle bağlantılı</i>		
Taşıma Maliyetleri			
<i>Karbon Maliyeti</i>	<i>Taşımalarda kullanılan akaryakıt miktarına paralel</i>		
<i>Akaryakıt Maliyeti</i>	<i>Taşıma hacmiyle bağlantılı</i>		

* Bu çalışmada taşımacılık sektöründe yaratılan etkilerden ziyade taşımadan kaynaklanan etkilere odaklanılmakta, dolayısıyla ihracattaki değişimlerin taşıma sektörü katma değeri üzerindeki yaratacağı katma değer değişiklikleri dikkate alınmamaktadır.

Tablo 3. Temel varsayımlar Dönüşüm senaryosu

Dönüşüm			
	2026-2035	2036-2050	2023-2050
Karbon Fiyatı (€)	100	100	100
<i>Demir-Çelik</i>	100	100	100
<i>Çimento</i>	100	100	100
<i>Alüminyum</i>	100	100	100
<i>Gübre</i>	100	100	100
İhracat Değişimi (Miktar - Yıllık Ortalama)			
<i>Demir-Çelik</i>	%-4,6	%-1,8	%-2,9
<i>Çimento</i>	%-6,8	%-1,1	%-3,4
<i>Alüminyum</i>	-%4,6	%-1,8	%-2,9
<i>Gübre</i>	%-8,0	%-1,3	%-4,0
Enerji Talebi Değişimi	<i>İhracat miktar değişimiyle paralel</i>		
Geri Bağlantılı Sektörler Üretim Değişimi	<i>Ana sektör ihracat miktar değişimiyle paralel</i>		
İleri Bağlantılı Sektörler Üretim Değişimi	<i>Ana sektör fiyat değişimiyle bağlantılı</i>		
Taşıma Maliyetleri			
<i>Karbon Maliyeti</i>	<i>Taşımalarda kullanılan akaryakıt miktarına paralel</i>		
<i>Akaryakıt Maliyeti</i>	<i>Taşıma hacmiyle bağlantılı</i>		

* Bu çalışmada taşımacılık sektöründe yaratılan etkilerden ziyade taşımadan kaynaklanan etkilere odaklanılmakta, dolayısıyla ihracattaki değişimlerin taşıma sektörü katma değeri üzerindeki yaratacağı katma değer değişiklikleri dikkate alınmamaktadır.

- Ana senaryolar dâhilinde etkiler Türkiye'nin bütün ihracatı için (Dünya) ve sadece AB ihracatı olarak ayrıştırılmıştır. Dünya ihracatı, AB'ye yapılan ihracatı da kapsamaktadır.
- Aşağıda yer verilen sonuçlar 2026-2050 dönemini kapsamaktadır. SKDM'nin fiili uygulama tarihi başlangıç olarak seçilmiş, serbest tahsisatlar dikkate alınmamıştır.
- Senaryo sonuçlarının tutarlı bir şekilde karşılaştırılabilmesi için her iki senaryoda da aynı karbon fiyatı kullanılmıştır. Alınan karbon fiyatı yalnız SKDM kapsamında ihraç ürünlere uygulanacağı varsayılan fiyatı yansıtmakta, yurt içinde karbon fiyatlandırması çalışma kapsamında yer almamaktadır.
- Çalışmada dört farklı karbon fiyatı varsayımı kullanılmıştır: 0 €/ton, 70 €/ton, 100 €/ton ve 120 €/ton. 100 €/ton temel varsayım olarak kabul edilmiştir. 70 €/ton güncel piyasa fiyatını yansıtmakta, ancak yakın vadede söz konusu fiyatın 100 €/ton düzeyine yakınsayacağı öngörülmektedir. 2026-2050 döneminin uzunluğu dikkate alınarak çeşitli dalgalanmaları da kapsayacağı düşünülen 100 €/ton baz fiyat/temel varsayım olarak seçilmiştir. 0 €/ton ya da karbon vergisinin uygulanmadığı varsayımında mevcut durumun devamı halinde nasıl bir fayda-maliyet tablosu ortaya çıktığını göstermek amaçlanmıştır. 120 €/ton varsayımı ise öngörülerin ötesinde artışların olabileceği durumu betimlemektedir.



BÖLÜM 3 Çalışmanın Temel Bulguları ve Sonuçları

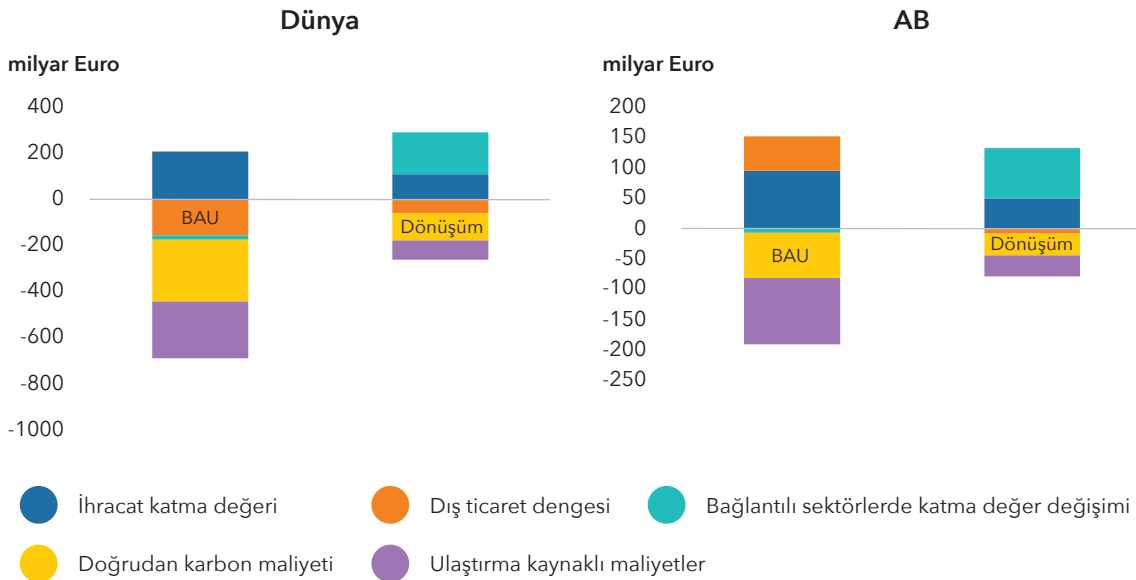
3.1. Toplam fayda-maliyet analizi

Değer olarak hesaplanan etkiler dikkate alındığında BAU senaryolarında 100 €/ton karbon fiyatlandırması/vergisi uygulandığı takdirde, hem dünya hem de AB için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olacağı görülmektedir. İncelenen dört sektör de mevcut yapılarıyla ihracatlarından sağlanan faydadan daha fazla maliyet yaratmaktadır. Söz konusu maliyette karbon fiyatlandırması/vergisi varsayımı önemli bir kalem olmakla birlikte, maliyetin yarısından fazlasının diğer kalemlerden kaynaklandığı dikkati çekmektedir.

Dönüşüm senaryolarında ise yine 100 €/ton karbon vergisi uygulandığında dünya ticareti için biraz daha sınırlı, AB için ise yüksek düzeyde fayda elde edildiği görülmektedir. Toplam faydanın toplam maliyeti aşmasında hem karbon maliyetlerindeki azalma hem de katma değer artışları önemli rol oynamaktadır.

Aşağıda BAU ve Dönüşüm senaryolarında net faydayı (toplam fayda-toplam maliyet) oluşturan unsurlar (ihracat katma değeri, dış ticaret dengesi, bağlantılı sektörlerde katma değer değişimi, doğrudan karbon maliyeti ve ulaştırma kaynaklı maliyetler) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Toplam faydanın eksi olduğu Dünya BAU senaryosunda 100 €/ton karbon fiyatı varsayıldığında doğrudan karbon maliyeti ihracat katma değerini aşarak dış ticaret açığı ve ulaştırma maliyetleriyle birlikte toplam faydanın 2,8 katına ulaşmaktadır. BAU AB senaryosunda ise karbon maliyeti ile ihracat katma değeri başabaş gelmekte, ulaştırma kaynaklı maliyetlerle birlikte pozitif olan dış ticaret dengesine rağmen maliyetler faydaları aşmaktadır. Diğer taraftan, AB ile özellikle alüminyumdan kaynaklanan dış ticaret fazlası görünmekle birlikte, AB'ye yapılan ihracat için AB dışındaki ülkelere ithal edilen girdiler dikkate alındığında maliyetin görünenden daha yüksek olacağı saptanmalıdır. Dönüşüm senaryosunda ise azalan ihracat katma değerine rağmen hem dünya genelinde hem AB'de karbon ve ulaştırma giderlerinin azalması bağlantılı sektörlerde katma değer artışıyla net faydanın sağlanacağı görülmektedir.

Şekil 1. Net faydayı oluşturan unsurların karşılaştırmalı büyüklüğü

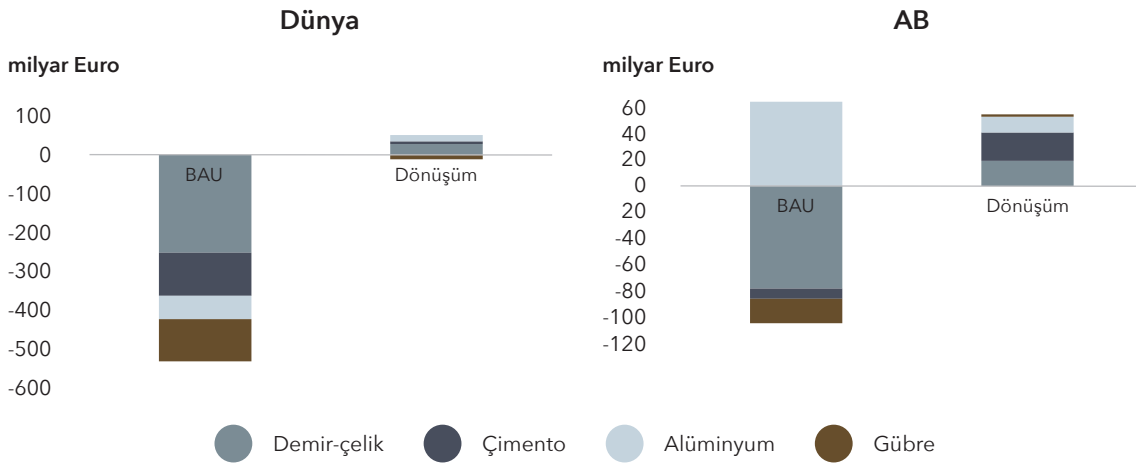


* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır.

Dönüşüm senaryosunda dünya için toplam faydaya en yüksek katkı demir-çelik sektöründen gelirken onu alüminyum, sonra da çimento sektörü izlemekte, gübre sektöründe ise toplam maliyet, toplam faydayı aşmaktadır. AB için ise tüm sektörlerden katkı gelmekte, sıralama çimento, demir-çelik, alüminyum ve gübre şeklinde olmaktadır. Net faydanın sektörel dağılımı Şekil 2’de gösterilmektedir.

Şekil 2. Net faydanın sektörel dağılımı (2026-2050)



* Dünya rakamları AB’yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır.

3.1.1. Nicel Sonuçlar

Faydalar ve maliyetler, değer ve değişim oranı olmak üzere iki şekilde nicelleştirilmiştir. Fiyat ve enerji talebi değişimleri oran olarak gösterilirken, diğer etkiler aynı bazda değerlendirilebilecek, dolayısıyla karşılaştırılabilecek bazda değer (€) olarak ifade edilmiştir. Bunun sonucunda değişimlerin etkileri dolaylı nicel ya da nitel sonuçlara işaret ederken değerlerden hareketle toplam maliyet ve faydaya ulaşmak mümkün olmaktadır. 2026-2050 dönemi için her bir senaryo ve alt varsayımlar bazında toplam maliyet ve toplam fayda hesaplanmış, bir etki analizini toplu bir şekilde nicelleştirmek mümkün olmuştur.

2026-2050 dönemi toplam maliyet ve toplam faydaların iki temel senaryo, farklı karbon fiyat düzeyleri ve dünya ticareti-AB ticareti ayrımıyla özet gösterimi Tablo 4’te verilmektedir.²⁹

²⁹ Dünya ticaretiyle AB arasındaki toplam maliyet asimetrisi (AB’deki toplam maliyetlerin dünya toplam maliyetlerine oranının AB’ye ihracatın toplam ihracattaki payına kıyasla düşük olması), özellikle BAU senaryosunda dikkat çekmektedir. Söz konusu durum, çimento ihracatının AB payının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Çimento sektörü hem üretimden kaynaklanan karbon emisyonu hem de taşımalardan kaynaklanan karbon emisyonu ve akaryakıt maliyetiyle toplam içinde önemli bir paya sahiptir.

Tablo 4. Farklı karbon fiyatı varsayımlarıyla Dünya ve AB için BAU ve dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

2026-2050 (milyon €)	Dünya*		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
Karbon Fiyatı: 0 €/ton				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 161.645	196.019	46.766	100.577
Toplam maliyet	442.455	172.921	159.038	52.956
Toplam fayda	280.811	368.939	205.804	146.895
Karbon fiyatı: 70 €/ton				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 417.834	83.078	-9.375	68.864
Toplam maliyet	698.644	270.715	215.180	78.031
Toplam fayda	280.811	353.793	205.804	146.895
Karbon fiyatı: 100 €/ton				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 527.629	37.210	-39.009	55.451
Toplam maliyet	808.440	316.584	244.813	91.444
Toplam fayda	280.811	353.793	205.804	146.895
Karbon fiyatı: 120 €/ton				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 600.826	6.630	- 58.765	46.508
Toplam maliyet	881.637	347.163	264.569	100.387
Toplam fayda	280.811	353.792	205.804	146.895

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

Yukarıdaki özet tablonun işaret ettiği sonuçlardan öne çıkanlar aşağıda özetlenmektedir:

- **Dünya-BAU:** Türkiye'nin toplam ihracatı göz önünde bulundurulduğunda ilk senaryo olan olağan durum (BAU) tüm karbon fiyatı varsayımları için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olduğu görülmektedir. Karbon fiyatının 0 €/ton olduğu durumda bile (mevcut durumun devamı, karbon fiyatlandırması/vergesi uygulanmayan durum olarak da düşünülebilir) dış ticaret açığı, akaryakıt maliyeti, ileri bağlantılı sektörlerin katma değer kaybı gibi etkilerden kaynaklanmak üzere, toplam maliyetler toplam faydaları aşmaktadır. SKDM sektörlerinde ihracatın mevcut durumda dikkate alınan değişkenler kapsamında toplam maliyeti, toplam faydasından yüksektir.
- **Dünya-Dönüşüm:** Dönüşüm senaryosu özelinde tüm fiyat varsayımları için toplam fayda, toplam maliyetin üzerindedir. Toplam maliyetin toplam faydayı aştığı nokta 124 €/ton civarındadır. İngiltere, ABD başta olmak üzere, Türkiye'nin tüm önemli ticaret partnerlerinin, karbon fiyatlandırması/vergesi uygulaması ve karbon fiyatının uzun vadeli ortalamasının 120

€/ton miktarının üzerine çıkması, yeni düzenlemelerle ek maliyetlerin ilave edilmesi gibi gelişmelere bağlı olarak, rekabet gücü kaybının ortaya çıkması olasılığı söz konusu olabilir. Bu nedenle orta-uzun vadede Dönüşüm senaryosunun ötesinde, sektör-spesifik politika ve önlemlere ihtiyaç duyulabilir.

- **AB-BAU:** SKDM bağlamında AB ticareti için bakıldığında 0 €/ton ya da karbon vergisinin uygulanmadığı durum haricinde, tüm karbon fiyatı varsayımları için, toplam maliyet toplam faydanın üzerindedir. Akaryakıt maliyeti, ileri bağlantılı sektörlerin katma değer kaybı gibi etkenler toplam maliyetin yüksekliğini belirlemektedir. Özellikle alüminyumdan kaynaklanan bir dış ticaret fazlası görünmekle birlikte, AB'ye yapılan ihracat için AB dışındaki ülkelerden ithal edilen girdiler dikkate alınacak olursa maliyetin hesaplanandan çok daha yüksek olacağı görülmektedir.
- **AB-Dönüşüm:** Dönüşüm senaryosunda ise AB ticareti için tüm karbon fiyatı varsayımlarında toplam faydanın toplam maliyetin üzerinde olduğu görülmektedir. Toplam faydanın toplam maliyete eşitlendiği başabaş noktası, 224 €/ton civarındadır. Uzun dönemli ortalama karbon fiyatı için söz konusu tutarın hayli yüksek bir varsayım olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle AB SKDM eksenli düşünüldüğünde Dönüşüm senaryosu kapsamındaki varsayımları destekleyen önlemlere, özellikle 2035 vadesinde odaklanılabileceği söylenebilir. 224 €/ton başabaş noktası yüksek görünmekle birlikte, AB SKDM uygulamasının somutluğu ve tüm rakiplerin uyum kapsamında önemli bir dönüşüm sürecine girdiği düşünüldüğünde Türkiye'nin önünde ekonomik maliyetleri azaltmaya ve üretim verimliliğini artırmaya yönelik sanayi, ticaret ve karbonsuzlaşma eylemlerini hayata geçirmek için kritik bir 10 yılı olduğunun altı çizilmelidir.

Temel karbon fiyat varsayımı olan 100 €/ton için toplam maliyet ve toplam faydanın işaret ettiği diğer nicel sonuçlar Tablo 5'te özetlenmektedir.

Tablo 5. Toplam fayda-maliyetlerin GSYH ve sektör katma değerleri ile kıyaslanması

2026-2050	Dünya		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
<i>Karbon fiyatı: 100 €/ton</i>				
TF-TM / GSYH	%-0,2	%0,01	%0,0	%0,02
TF-TM / Sektörel katma değer				
Demir-çelik	%-1,18	%0,13	%- 0,36	%0,09
Çimento	%-231,8	%16,5	%-14,7	%47,7
Alüminyum	%-298	%72	%317	%58
Gübre	%-475	%-53	%-155	%9

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

- Toplam fayda ile toplam maliyet arasındaki fark baz alınarak uzun dönemli GSYH etkisine bakıldığında BAU senaryosunda dünyada negatif katkı ortaya çıkarken AB için nötr etki olduğu görülmektedir. 2026-2050 dönemi için kümülatif net negatif etkinin, dünya için %0,2 oranı ile hayli yüksek olacağı söylenebilir. Söz konusu dönem için yıllık GSYH büyüme öngörüsü %3 ila %4 olarak alındığında dört sektörden kaynaklanan %0,2'lik kaybın yüksek olduğu görülmektedir. Dönüşüm senaryosunda ise dünyaya bakıldığında GSYH'ye katkının %0,01, AB katkısının ise %0,02 oranları ile pozitif olduğu, hesaplanan katkının görece düşük olduğu vurgulanabilir.
- Toplam fayda ile toplam maliyet arasındaki fark, sektör katma değerlerine oranlandığında en sınırlı etki demir-çelik sektöründe ortaya çıkarken çimento, alüminyum ve gübre sektörlerinde etkiler hayli yüksektir. Çimento, alüminyum ve gübrede BAU senaryosunda yüksek oranlı net negatif katkılar söz konusuysen, Dönüşüm senaryosunda dünya için gübre hariç tüm sektörlerde pozitif katkılar görülmektedir. Gübre sektöründe ise katma değere ve ileri bağlantılı sektörlerdeki faydaları kıyasla dış ticaret açığı ve ulaştırma maliyetleri çok yüksek olduğu için dönüşüme rağmen maliyetler faydaları aşmaktadır.

3.1.2. Nitel Sonuçlar

Toplam fayda ve toplam maliyet değişkenleri ile diğer nicel sonuçların GSYH üzerindeki etkilerini tam olarak hesaplamamanın önünde türlü güçlükler bulunmaktadır. Aynı zamanda istihdam, cinsiyet eşitliği, coğrafi etkiler gibi bir dizi sosyoekonomik etkiyi model kapsamında nicelleştirmek mümkün değildir. Ancak, söz konusu etkilerin yönüne ilişkin bazı çıkarımlarda bulunulabilir:

- Yukarıda hesaplanan GSYH etkisine ek olarak Dönüşüm senaryosunda cari açığın azaltılması, fiyat değişimlerinin baskılanması, TL'nin oynaklığının düşmesi, orta-yüksek teknolojili sektörlerde büyüme gibi önemli gelişmelerin etkisiyle net pozitif katkı ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Benzer şekilde BAU senaryosunda hesaplanandan daha yüksek net negatif katkı öngörülebilir.
- BAU senaryolarda toplam fayda ve toplam maliyet arasındaki fark negatif olmakla birlikte istihdam ve bölgesel sosyoekonomik etkilerin yüksek olduğu ve bunların yukarıdaki hesaplamalarda ölçülenmediği not edilmelidir. Ancak incelenen dört sektör ve bağlantılı sektörler dikkate alındığında Dönüşüm senaryosunda BAU senaryosundan daha fazla ilave istihdam yaratıldığı, yaratılan ilave istihdamın daha yüksek ücretli işlerden, diğer bir deyişle daha "iyi işler"den oluştuğu, dolayısıyla toplam sosyoekonomik etkisinin daha güçlü olduğu söylenebilir. Daha "iyi işler" yaratılırken kadın istihdamına daha uygun alanlara yönelik bir dönüşüm söz konusu olduğu için kadın istihdamının da artacağı düşünülebilir. Genişleyen istihdamın artan bir sektörel çeşitliliğe denk düşmesi aynı zamanda coğrafi kapsamın genişlemesi, bölgesel eşitsizliklerin azaltılması³⁰ anlamını taşımaktadır. Bu bağlamda Dönüşüm senaryosunun yaratacağı olanakların uygun politikalarla desteklenerek adil bir dönüşümün sağlanması politikaların odak noktasını oluşturmalıdır (SHURA, 2024a).

³⁰ Bölgesel eşitsizliklerin azaltılması SKDM sektörlerinde özellikle ithalatın ikamesine yönelik yeni üretim kapasitesi yaratılmasının etkilerinin yanısıra özellikle coğrafi yaygınlığı çok daha geniş olan ileri bağlantılı sektörlerdeki büyümeyi ve aynı zamanda bu büyümenin uyuracağı diğer sektörleri dikkate alarak öne sürülmektedir.

- BAU senaryosunda ileri bağlantılı sektörler üzerindeki olumsuz etkilerin tamamı ölçümlenmemektedir. Mevcut yapının bu sektörlerin katma değerini baskılamasının ötesinde toplam üretim hacmini, üretim kapasitesi ve teknoloji düzeyi ile beraber rekabet gücünü de düşürdüğü dikkate alınmalıdır. BAU için geçerli söz konusu negatif etki, Dönüşüm senaryosunda geri bağlantılı sektörlerde ortaya çıkan üretim ve katma değer gerilemesinden ve bunun işaret ettiği istihdam gerilemesinden çok daha yüksektir. Dönüşüm senaryosunda ana sektörlerin daha yüksek katma değerli büyüme olanaklarının geri bağlantılı sektörlerin katma değerlerini artırma ve oluşacak negatif etkilerin bir bölümünü telafi etme olanağı barındırdığı da vurgulanabilir.

Tablo 6. Nitel sonuçlar³¹

Nitel Sonuçlar		
	BAU	Dönüşüm
İlave GSYH Katkısı	⇓	⇑
Cari denge	⇓	⇑
Fiyat hareketleri	⇑	⇓
TL oynaklığı	⇑	⇓
Orta-Yüksek Teknolojili Sektörlerin Payı	⇓	⇑
İstihdam		
İstihdam Artışı	↑	⇑
Kadın İstihdamı	→	⇑
Nitelikli İstihdam	↑	⇑
Ücret Düzeyi	→	↑
Diğer		
Bölgeler Arası Eşitlik	↓	↑

3.2. Sektör Bazında Fayda-Maliyet Analizi

3.2.1. Demir-çelik sektörü

Demir-çelik sektörü değerlendirilirken üretimin %90'dan fazlasına tekabül eden SKDM kapsamındaki ürün grupları dikkate alınmıştır.³²

³¹ Negatif veya azalış yönündeki etkiler aşağı yönlü okla, pozitif veya artış yönündeki etkiler yukarı yönlü okla, nötr veya sabit etkiler yatay okla gösterilmiştir. Okların sayısı etkilerin kuvvet derecesini belirtmektedir.

³² Ürün grupları listesi Ek 1'de verilmektedir.

3.2.1.1. Sektörel görünüm

Türkiye’de demir-çelik sektörü, üretim kapasitesi ile iç talebin uyumsuzluğunun en belirgin olduğu sektörlerden biri durumundadır. Uzun ürünlerde fazlası bulunan üretim kapasitesi, yassı ürünler söz konusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. Otomotiv, elektrikli teçhizat, makine başta olmak üzere orta-yüksek ve yüksek teknolojlili sektörler açısından en kritik girdilerden biri yassı ve vasıflı çeliklerdir. Uzun ürünlerde de daha sofistike ürünlerde, özellikle büyük altyapı yatırımlarına yönelik kullanımda açığın bulunduğu eklenebilir. Söz konusu asimetri, demir-çelik sektöründe Türkiye’nin dünyadaki hem en büyük ihracatçılardan hem de ithalatçılardan biri olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Katma değeri görece daha düşük ürünler ihraç edilirken katma değeri daha yüksek ürünler ithal edilmektedir.

Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD) verilerine göre Türkiye’de üçü Bazık Oksijen fırınlı (BOF), 28’i elektrik ark ocaklı (EAF) ve 11’i indüksiyon ocaklı (IF) olmak üzere toplam 42 ham çelik üretim tesisi bulunmaktadır. BOF tesisler demir cevheri işleyerek entegre üretim yapmakta ve yassı çelik üretiminin büyük bölümünü gerçekleştirmektedir³³. Üretim prosesinde kömür kullanımına bağlı olarak enerji ve karbon yoğunluğu yüksek tesislerdir. EAF ve IF tesisler ise hurda demir ya da yarı mamul kütük işleyerek ağırlıklı olarak uzun ürün (inşaat demiri, çubuklar, profiller vb.) üretmektedir. Üretim prosesinde ağırlıklı olarak elektrik kullanılmakta olup enerji yoğun olmakla birlikte karbon yoğunluğu elektrik üretim kompozisyonuna göre değişiklik göstermektedir. Karbon yoğunluğu BOF tesislere kıyasla daha düşüktür ve kullanılan elektriğin içinde karbonsuz kaynakların payı arttıkça düşmektedir.

Dünyada demir-çelik üretiminin yaklaşık %65’i BOF tesislerde yapılırken, Türkiye’de toplam üretim kapasitesinin %65’i EAF ve IF tesislerde bulunmaktadır. Özellikle son 25-30 yılda EAF tesislerin kapasitesi BOF tesislerden daha hızlı artmıştır. EAF tesislerde büyük oranda uzun ürün üretilmektedir. BOF tesislerde ise hem yassı hem de uzun ürün üretimi bulunmaktadır. Aşağıda da görülebileceği üzere bu gelişim sonucunda uzun ürün kapasitesi iç talebin üzerine çıkarken yassı ürünlerde kapasite açığı oluşmuştur. Bu nedenle yassı ürün ihtiyacı artan biçimde ithalat yoluyla karşılanmaktadır.

Tablo 7. Demir-çelik sektörü temel göstergeler

Temel Göstergeler		
	Mevcut durum	Dönüşüm senaryosunda uzun vadeli beklenti
İhracat / üretim	%50	%12,5
Uzun ürünlerin toplam üretimdeki payı	%65	%50
Yassı ürünlerin toplam üretimdeki payı	%35	%50
Uzun ürün üretimi / İç talep	%140	%110
Yassı ürün üretimi / İç talep	%65	%90

³³ Eski kamu işletmeleri olan Erdemir ve Kardemir bünyesindeki tesislerdir.

Uzun ürünlerde iç talebin çok üzerinde bir üretim kapasitesinin oluşmasında son 20 yılda inşaat sektörünün hızlı gelişiminin yanı sıra önce Ortadoğu ve Kuzey Afrika, ardından Batı Afrika, son birkaç yılda da Güney Amerika, Avrupa gibi pazarlara yönelik artan ihracat fırsatları etkili olmuştur. EAF tesislerin yeşil elektrik kullanımıyla karbonsuzlaşma potansiyeli yüksek olmakla birlikte mevcut ihracat düzeyinin orta-uzun vadede sürdürülmesine ilişkin önemli güçlükler bulunmaktadır. Uzun ürünlerin katma değeri daha düşük olmasının yanı sıra, orta-uzun vadede daha az gelişmiş ülkelerin kapasite yaratmasının görece kolay olması nedeniyle ihracat potansiyelinin azalması söz konusudur. Bir ikinci potansiyel kısıt ise hurda tedariki konusundadır. Türkiye, dünyanın en büyük hurda ithalatçılarından biri konumundadır. Mevcut durumda en büyük tedarik AB'den yapılmaktadır. Özellikle döngüsel ekonomi kapsamında orta-uzun vadede artan miktarlarda hurda tedarikinin ne ölçüde mümkün olacağı belirsizdir. İngiltere başta olmak üzere birçok gelişmiş ülke, hurda demir ihracatını kısıtlama hazırlığı içindedir. Aynı zamanda gemi sökümü başta olmak üzere çevresel ve insan sağlığı üzerindeki etkileri tartışmalı yöntemler de hurda temininde uygulanmaktadır. Yeşil dönüşüm kapsamında bu tür seçeneklerin devre dışı kalması olasıdır.

Tablo 8. Demir-çelik sektörü büyüme dinamikleri

Büyüme Dinamikleri ³⁴		
	2030	2040
İç Talep	↑↑↑	↑↑
Nüfus Artışı	↑↑	↑↑
GSYH	↑↑↑	↑↑
İnşaat Büyümesi	↑↑↑	↑↑
Otomotiv ve Diğer Mühendislik Sektörleri	↑↑↑	↑↑↑
İthalatın İkamesine Yönelik Politikalar	↑↑↑	↑
İhracat	↑↑	↑
Yeşil Dönüşüm /Döngüsel Ekonomi	↑↑↑	↑↑
Az Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Yeni Yatırımlar	↑	↓
Genel	↓↓	↓↓↓
Sürdürülebilir Ürünler	↓↓	↓↓↓

³⁴ Negatif veya azalış yönündeki etkiler aşağı yönlü okla, pozitif veya artış yönündeki etkiler yukarı yönlü okla, nötr veya sabit etkiler yatay okla gösterilmiştir. Okların sayısı etkilerin kuvvet derecesini belirtmektedir.

Demir-çelik sektörü enerji yoğunluğu en yüksek imalat sanayi alt sektörleri arasında yer almaktadır. Elektrik tüketimindeki payı %8 ila %10 aralığında seyrederken entegre tesislerin üretim prosesine bağlı olarak kömür tüketimindeki payı da %33 civarındadır.

Demir-çelik sektörü, hem imalat sanayiinde katma değer artışı sağlamaya yönelik yapısal dönüşüm ihtiyacı hem de yeşil dönüşüm bağlamında en önemli odak sektörlerden biri konumundadır. Uzun ürün-yassı ürün üretim kapasitesi ve talep asimetrisi bir yandan dış açığın, dolayısıyla da cari açığın en önemli kaynaklarından biri durumundayken diğer yandan yassı ve vasıflı ürünlerin kullanıcısı durumundaki sektörlerin büyüme ve katma değer artışları üzerinde baskı yaratmaktadır. Ayrıca enerji tüketimini en fazla uyaran imalat sanayi sektörlerinden biri olarak üretim artışının katma değer odaklı gelişimi ve elektrifikasyonun artışıyla karbonsuzlaşmaya katkısı en yüksek sektörlerden biri olma potansiyelini de taşımaktadır. Yüksek ısı gerektiren yassı çelik üretiminin karbonsuzlaşması için yüksek fırınlarda kok kullanımı yerine yeşil hidrojen ve elektrik kullanan doğrudan indirgenmiş demir (DRI) EAF prosesinin yaygınlaştırılması gündemdedir.

Demir-çelik sektörü geri ve ileri bağlantılı sektörler

Demir-çelik sektöründe dolaylı etkiler hesaplanırken TÜİK girdi-çıkıtı tablolarına dayalı olarak ileri ve geri bağlantılı sektörler üzerindeki etkiler dikkate alınmıştır. Aşağıda demir-çelik sektörünün geri ve ileri bağlantılı sektörlerle etkileşimi özetlenmektedir.

Tablo 9. Demir-çelik sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı

Geri Bağlantılı Sektörler			İleri Bağlantılı Sektörler		
Sektör	Demir-çelik üretimindeki pay	Sektörün toplam üretiminde demir-çelik sektöründen kaynaklanan talebin payı	Sektör	Demir-çelik üretiminin kullanıcı sektörlerle göre dağılımı	Sektörün üretiminde demir-çelik payı
Ana metal	%29	%21	İnşaat	%29	%11
Kanalizasyon, atık, geri dönüşüm (hurda vb.)	%25	%79	Ana metal	%20	%29
Elektrik, gaz vb.	%9	%5	Fabrikasyon metal ürünleri	%15	%47
Madencilik	%9	%18	Motorlu kara taşıtları	%9	%20
Karayolu ve boru hattı taşımacılığı	%9	%4	Elektrikli teçhizat	%8	%27
Toptan ticaret	%5	%3	Makine	%8	%32
Perakende ticaret	%2	%4	Mobilya	%4	%11
Fabrikasyon metal ürünleri	%1	%2	Diğer	%7	%10
Diğer	%11	%3			

Kaynak: TÜİK Girdi-Çıkıtı Tabloları ve yazarn hesaplamaları.

3.2.1.2. Çalışmanın Sonuçları

- Demir-çelik sektörü BAU senaryosunda mevcut durumun, geçmiş 20 yıl eğilimleri doğrultusunda devam edeceği, EAF tesisler ve uzun ürün ağırlıklı üretim ve ihracat yapısının süreceği öngörülmüştür.
- Dönüşüm senaryosunda ise sektörün üretim ve ihracat yapısının yassı ve vasıflı ürün lehine değişeceği, sektörün katma değer oranının artacağı, aynı zamanda ileri bağlantılı sektörlerde önemli bir maliyet avantajı, dolayısıyla katma değer artışı oluşacağı öngörülmüştür.

İki senaryonun sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

Tablo 10. Demir-çelik sektörü dünya ve AB için BAU ve Dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

Demir-Çelik (2026-2050 - Kümülatif - milyon €)	Dünya		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
<i>Karbon Fiyatı: 100 €/ton</i>				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 250.370	26.941	- 76.624	19.138
Maliyetler	426.271	182.755	145.594	57.831
Toplam emisyon	165.692	74.445	52.967	23.630
Dış ticaret açığı	111.024	43.873	43.535	16.397
Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü		11.184	-	654
İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	9.781	-	3.815	-
Ulaştırma maliyetleri (karbon emisyonu + akaryakıt)	139.775	53.254	45.277	17.150
Fiyat artışı	%2,1	%0,7	%2,1	%0,7
Enerji talebi artışı	%2,8	%0,0	%2,8	%0,0
Faydalar	175.901	209.696	68.970	76.967
İhracat katma değeri	173.451	96.373	68.015	36.017
Dış ticaret fazlası	-	-	-	-
Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı	2.450	-	955	-
İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı	-	113.323	-	40.951
Fiyat düşüşü	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
Enerji talebi düşüşü	%0,0	%-4,3	%0,0	%-4,3

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır

- **BAU senaryosu:**
 - o Karbon emisyonu, dış ticaret açığı gibi maliyetler ağırlıklı olmak üzere hem dünya hem de AB için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olacağı bir görünüm söz konusudur.
 - o Cevher, hurda, kömür gibi ham maddelerin tedariki ve özellikle uzun ürün taşımaları kaynaklı karbon emisyonu ve ulaştırma maliyetleri çok yüksek seviyelere ulaşmaktadır.
 - o Sözü edilen ham maddelerin ağırlıklı ithalat yoluyla temin edilmesi, dış ticaret açığının da yüksek olmasına yol açmaktadır.
 - o Demir-çelik sektörünün ithalatı en fazla uyarıcı imalat sanayi sektörlerinden biri olması kur-enflasyon geçişine etkisini artırırken, temel sanayi ürünlerinden biri olması sebebiyle genel fiyat düzeyine etkisi de bu senaryoda hayli yüksek hesaplanmaktadır.
 - o Maliyetlere kıyasla faydaların büyük oranda ihracat katma değeriyle sınırlı olduğu görülmektedir. İhracat katma değerinin uzun ürün ağırlığı nedeniyle yassı ürüne göre düşük olduğu da vurgulanmalıdır.
- **Dönüşüm senaryosu:**
 - o Hem dünya hem de AB için toplam fayda, toplam maliyetin üzerindedir.
 - o Üretim ve ihracat kompozisyonu değişimi karbon emisyonu, taşıma maliyetleri ve dış ticaret açığında önemli iyileşmeler ortaya çıkarmaktadır.
 - o Yassı ve vasıflı ürün ağırlığının artması, ileri bağlantılı sektörlerde maliyet avantajı başta olmak üzere sağladığı avantajlarla önemli bir katma değer artışı yaratmaktadır.
 - o Toplam ihracat miktarındaki azalma karbon emisyonu, taşıma maliyeti iyileşmelerinin yanında enerji tüketiminde BAU senaryosuna kıyasla azalmaya yol açmaktadır. Diğer taraftan, üretim ve ihracat kompozisyonundaki değişime bağlı olarak toplam üretim ve katma değer artışı, ihracat miktarındaki azalmayı telafi etmektedir. Ayrıca, ileri bağlantılı sektörlerle sağlanan stratejik avantajlar ve katma değer artışı da toplam faydayı artırmaktadır.
 - o Üretim ve ihracat kompozisyonundaki değişimin ihracat katma değer oranında artış sağlayacağı aşikâr olmakla birlikte bu iyileşme varsayımı ihracat katma değer hesaplamasına dâhil edilmemiştir. Dolayısıyla, Dönüşüm senaryosunun mevcut öngörülerin ötesinde fayda sağlaması mümkündür.

Yukarıda sektörel görünüm bölümünde yer verilen ileri bağlantılı sektör katsayıları/paylarına dayalı olarak ileri bağlantılı sektörlerin katma değerlerine etkiler, iki ana senaryo için aşağıdaki gibidir.

Tablo 11. Demir-çelik sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi

İleri Bağlantılı Sektörlere Katma Değer Etkisi		
milyon €	Olağan durum senaryosu 2026-2050	Dönüşüm senaryosu 2026-2050
İnşaat	-1.581	1.771
Fabrikasyon metal	-1.958	1.755
Motorlu kara taşıtları	-2.916	41.799
Elektrikli teçhizat	-1.094	26.895
Makine	-1.662	36.566
Mobilya	-571	4.536
Toplam	-9.781	113.323

3.2.1.3. Doğrudan ve dolaylı etkilerin nitel ve nicel değerlendirilmesi

Doğrudan etkiler

Maliyetler

- **Karbon emisyonu:** Demir-çelik sektörü ihracata yönelik üretimden kaynaklanan karbon emisyon düzeyi en yüksek sektörlerden biri durumundadır. Hem dünya hem AB ihracatından kaynaklanan karbon emisyonu, maliyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. BAU senaryosuna göre Dönüşüm senaryosunda önemli bir karbon emisyonu tasarrufu sağlanmakta, bu durum da maliyette bir düşüş yaratmaktadır. Ancak, buna rağmen bir de yüksek karbon emisyonu miktarları söz konusudur, çünkü Net Sıfır Hedefi çerçevesinde ele alındığında yeşil çelik üretimine yönelik teknolojilerin gelişmesi ve adaptasyonunun yanı sıra karbon yakalama teknolojilerinin kullanımına da ihtiyaç duyulacaktır. Özellikle 2035 vadesi söz konusu olduğunda en büyük tasarrufun demir-çelik sektöründe üretim yapısı ve ürün kompozisyonu değişiminden sağlanabileceği, yukarıdaki sonuçlarda da teyit edilmektedir.
- **Dış ticaret açığı:** İmalat sanayi sektörleri içinde dış ticaret açığında payı en yüksek sektörlerden biri, demir-çelik sektörüdür. Dönüşüm senaryosunda BAU senaryosuna göre ihracatta önemli bir düşüş öngörüsüne paralel olarak dış ticaret açığında da hayli önemli bir düşüş sağlanacağı görülmektedir. Ancak, yine de dış ticaret açığı önemli bir maliyet kalemi olmaya devam etmektedir. Çalışmanın nicel sonuçlarına yansıtılmamış olmakla birlikte kompozisyon değişimiyle ihracat katma değerinde artış sağlanması ve dış ticaret açığının bir bölümünün bu şekilde karşılanması olasıdır.
- **Fiyat artışları:** Hem dış ticaret açığının kura etkisi (kur-enflasyon geçişi) hem de demir-çelik ürünlerinin bir dizi sektör için önemli bir temel girdi olduğu dikkate alınarak TÜFE'ye yansımaları, bir oran olarak hesaplanmaktadır. BAU senaryosunda fiyat artışlarının ileri bağlantılı sektörlerde yaratacağı katma değer kaybı da hesaplanmaktadır. Ancak söz

konusu fiyat etkisinin ekonominin bütününde daha güçlü sonuçları olduğu, bu anlamda fiyat artışlarının toplam maliyetinin çok daha yüksek oranlarda gerçekleştiği söylenebilir.

- **Enerji talebi artışı:** BAU senaryosu için ihracat miktar artışının enerji talebini hangi oranda artıracığı hesaplanmaktadır. Söz konusu artışın ülkenin toplam dış ticaret açığına, dolayısıyla fiyatlara etkisi ayrıca dikkate alınmalıdır. Demir-çelik sektörünün toplam elektrik tüketimi içindeki yüksek payı göz önünde bulundurulduğunda, uzun vadeli bir değerlendirmede, önemli bir ilave elektrik üretim ve dağıtım yatırımı ihtiyacına da yol açacağı görülmektedir.

Faydalar

- **İhracat katma değeri:** BAU senaryosunda geçmiş eğilimler doğrultusunda mevcut üretim yapısı ve ihracat kompozisyonu korunarak ihracatın düzenli olarak artacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda yine mevcut katma değer oranı baz alınarak ihracattan sağlanacak katma değer hesaplanmıştır. Söz konusu ihracat artışının hem doğrudan demir-çelik üretimi hem de ileri-geri bağlantılı sektörler (ağırlıklı geri bağlantılı sektörler) üzerinden sağlayacağı istihdam artışı ve diğer bölgesel sosyoekonomik faydalar, bu hesaplamanın dışında bırakılmış nitelikte etkiler olarak sayılabilir.
- **Dış ticaret fazlası:** Demir-çelik sektörü için mevcut senaryolar dâhilinde dış ticaret fazlası oluşmamaktadır. Türkiye'nin cevher ve hurdada ithalat bağımlılığı dikkate alındığında yassı ürünlerde, özellikle de vasıflı çeliklerde yurt içi talebin üzerinde bir üretim kapasitesi yaratılması ve uluslararası rekabet gücü kazanılmasına bağlı olarak, ihracat artışıyla dış ticaret fazlası söz konusu olabilir. Bazı uluslararası öngörülerde³⁵ yer verildiği gibi AB SKDM kapsamında Hindistan ve Türkiye'nin, Rusya ve Çin'e göre avantajlı değerlendirilmesi, AB ihracatında yeni olanaklar ortaya çıkmasına yol açabilir.
- **Fiyat düşüşleri:** Demir-çelik sektörü için mevcut senaryolar dâhilinde fiyat düşüşü hesaplanmamıştır. Ham madde ve enerjide ithalata bağımlılığının yüksek olması nedeniyle Dönüşüm senaryosunda fiyat artışlarının sınırlanacağı, bu iyileşmeden özellikle ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine olumlu etkiler sağlanacağı öngörülmüştür.
- **Enerji talebi düşüşü:** Dönüşüm senaryosu kapsamında ihracatta öngörülen düşüş paralelinde enerji tüketiminde BAU senaryosuna kıyasla önemli bir gerileme ortaya çıkmaktadır. Söz konusu gerilemenin öncelikle elektrik üretim ve dağıtım yatırımlarında, ardından lojistik süreçlerde, yaratacağı ek faydalar olacağı da dikkate alınmalıdır.

Dolaylı ve diğer nitel etkiler

- Yassı ve vasıflı çelik üretimine yönelim ve bu üretimin yurt içi pazarda değerlendirilmesi makine, otomotiv, elektrikli teçhizat gibi sektörlerde maliyet avantajının ötesinde kümelenmeyle birlikte sinerjilerin oluşmasını sağlayabilir. Demir-çelikte karbonsuzlaşmayla birlikte yurt içinden yeşil çelik temini, bu sektörlerin ihracatında ek bir avantaj yaratabilir. Bu etkiler, nicel boyutları şu anda hesaplanamamakla birlikte uluslararası değer zincirlerine entegrasyon açısından önemli avantajlar sağlayabilir.

3.2.2. Çimento sektörü

Çimento sektörü değerlendirilirken üretimin tamamına tekabül eden SKDM kapsamındaki ürün grupları dikkate alınmıştır.³⁶

3.2.2.1. Sektörel görünüm

Çimento sektörü, iç talebin çok üzerinde üretim kapasitesiyle yüksek ihracat potansiyeline sahiptir. Özellikle inşaat sektöründeki yavaşlamalar ve dış talebin canlı olduğu dönemlerde ihracatın payı hızla artarak yüksek oranlara çıkabilmektedir. Normal koşullarda, dünya ticareti değerlendirildiğinde havaleli bir ürün olması nedeniyle yüksek taşıma maliyetleri ortaya çıktığı için çimento, dış ticareti sınırlı bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Ancak, belirtildiği gibi özellikle son 20 yılda konjonktürel fırsatların da etkisiyle Türkiye'nin çimento üretiminde ihracat oranının %30'lara yaklaştığı, dönem ortalamasında da %15'e ulaştığı bir görünüm söz konusudur. Kara yoluyla sınır ticareti ve kimi durumlarda dökme yük olarak doğrudan liman erişimi olan tesislerin elde ettiği avantajlar dışında son dönemde konjonktürel olarak ortaya çıkan konteyner taşımacılığı ve uzun mesafe kara yolu taşımacılığının fiyat/maliyet bağlamında uzun dönemde sürdürülebilir olmadığı saptanmaktadır.

Taşımalardan kaynaklı karbon emisyonları ve akaryakıt maliyetlerine ek olarak çimento, üretim prosesinde enerji tüketiminin yüksek olduğu, birim sını maliyetin %55'e ulaşan oranda enerji payının söz konusu olduğu bir üründür. İhracatın bu perspektiften de değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Çimento sektörü geri ve ileri bağlantılı sektörler

Çimento sektöründe dolaylı etkiler hesaplanırken TÜİK girdi-çıktı tablolarına dayalı olarak ileri ve geri bağlantılı sektörler üzerindeki etkiler dikkate alınmıştır. Aşağıda çimento sektörünün ileri ve geri bağlantılı sektörlerle etkileşimi özetlenmektedir.

³⁶ Ürün grupları listesi Ek 1'de verilmektedir.

Tablo 12. Çimento sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı

Geri Bağlantılı Sektörler			İleri Bağlantılı Sektörler		
Sektör	Çimento üretimindeki pay	Sektörün toplam üretiminde çimento sektöründen kaynaklanan talebin payı	Sektör	Çimento üretiminin kullanıcı sektörlerine göre dağılımı	Sektörün üretiminde çimento payı
Diğer metalik olmayan mineraller	%25	%16	İnşaat	%61	%16
Madencilik	%24	%26	Diğer metalik olmayan mineraller	%16	%25
Elektrik, gaz vb.	%10	%3	Gayrimenkul faaliyetleri	%8	%13
Toptan ticaret	%7	%3	Karayolu taşımacılığı hizmetleri	%2	%1
Karayolu ve boru hattı taşımacılığı	%7	%2	Gıda, içecek ve tütün ürünleri	%1	%0
Rafineri ürünleri ve kok	%3	%3	Motorlu kara taşıtları	%1	%2
Kimya	%3	%3	Sağlık hizmetleri	%1	%2
Perakende ticaret	%2	%3	Kauçuk ve plastik	%1	%2
Diğer	%19	%5	Diğer	%9	%4

Kaynak: TÜİK Girdi-Çıktı Tabloları ve yazarın hesaplamaları.

3.2.2.2. Çalışmanın sonuçları

- Çimento sektörü BAU senaryosunda mevcut durumun, geçmiş 20 yıl eğilimleri doğrultusunda devam edeceği, üretimin %20'si civarında ihracat düzeyi öngörülmüştür.
- Dönüşüm senaryosunda ihracat miktarının azalacağı, ortalamada üretimin %10'unu aşmayacağı öngörülmüştür.

İki senaryonun sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

Tablo 13. Çimento sektörü dünya ve AB için BAU ve Dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

Çimento (2026-2050 - Kümülatif - milyon €)	Dünya		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
<i>Karbon fiyatı: 100 €/ton</i>				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 110.680	7.878	- 7.025	20.779
Maliyetler	168.806	52.839	40.353	11.118
Toplam emisyon	88.135	30.620	17	8
Dış ticaret açığı	-	-	-	-
Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	-	1.986	-	993
İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	3.019	-	1.509	-
Ulaştırma maliyetleri (karbon emisyonu + akaryakıt)	77.653	20.233	38.826	10.117
Fiyat artışı	%0,3	%0,1	%0,3	%0,1
Enerji talebi artışı	%4,7	%0,0	%4,7	%0,0
Faydalar	58.127	60.717	33.328	31.897
İhracat katma değeri	12.197	5.085	7.026	2.927
Dış ticaret fazlası	43.910	15.255	25.293	8.781
Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı	2.019	-	1.009	-
İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı	-	40.376	-	20.188
Fiyat düşüşü	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
Enerji talebi düşüşü	%0,0	%-3,4	%0,0	%-3,4

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır

- **BAU senaryosu:**

- o Karbon emisyonu ve taşıma maliyetleri ağırlıklı olmak üzere hem dünya hem de AB için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olduğu bir görünüm söz konusudur.
- o Faydalarda en yüksek katkı dış ticaret fazlasından gelmekte, geri bağlantılı sektör katsayısı düşük olduğu için geri bağlantılı sektör katma değerinden gelen katkı da görece düşük kalmaktadır. Dış ticaret fazlasından sonra faydalarda en yüksek katkı, ihracat katma değerinden gelmektedir.
- o Enerji ithalatı (doğrudan kömür ve petrokok, dolaylı olarak elektrik üretiminde kullanılan ithal yakıtlar) ve ileri bağlantı etkilerinin güçlü olması nedeniyle fiyat artış etkisi sektör ölçeğine göre yüksektir.
- o AB'ye yapılan çimento ihracatı düşük, dolayısıyla çimentonun üretiminden kaynaklanan doğrudan emisyon miktarı ve maliyeti de düşük olmasına rağmen taşımalardan kaynaklanan emisyon ve akaryakıt maliyeti yüksek olduğu için toplam maliyetler yüksektir. Özellikle ihracatın katma değeriyle kıyaslandığında toplam maliyetlerin yüksekliği dikkat çekmektedir.

- **Dönüşüm senaryosu:**

- o Hem dünya hem AB için toplam fayda, toplam maliyetin üzerindedir.
- o İhracatta azalma öngörüsüyle birlikte karbon emisyonu ve taşıma maliyetlerinde önemli bir iyileşme sağlanmaktadır.
- o Hem taşımalardan hem karbon emisyonundan sağlanan tasarrufun maliyetlerde düşüş, dolayısıyla çimento fiyatlarında gerileme yaratması öngörülmektedir.
- o Çimento önemli bir inşaat girdisi olduğu için dönüşüm senaryosunda özellikle maliyetlerde sağlanan düşüş inşaat ve altyapı gibi ileri bağlantılı sektörlerle önemli ölçüde katma değer sağlamaktadır.
- o İhracat miktarındaki azalmaya paralel enerji tüketiminde de önemli bir düşüş öngörülmektedir.

Yukarıda sektörel görünüm bölümünde yer verilen ileri bağlantılı sektör katsayıları/paylarına dayalı olarak ileri bağlantılı sektörlerin katma değerlerine etkiler, iki ana senaryo için aşağıdaki gibidir.

Tablo 14. Çimento sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi

İleri Bağlantılı Sektörlere Katma Değer Etkisi		
milyon €	BAU 2026-2050	Dönüşüm 2026-2050
İnşaat	- 1.367	8.166
Gayrimenkul Faaliyetleri	- 244	1.731
Karayolu Taşımacılığı Hizmetleri	- 90	7.324
Gıda, İçecek ve Tütün Ürünleri	- 35	7.792
Motorlu Kara Taşıtları	- 93	5.207
Sağlık Hizmetleri	- 43	2.291
Kauçuk ve Plastik	- 93	3.815
Toplam	- 1.964	36.325

3.2.2.3. Doğrudan ve dolaylı etkilerin nitel ve nicel değerlendirmesi

Doğrudan Etkiler

Maliyetler

- **Karbon emisyonu:** Çimento sektörü, ölçeğine kıyasla ihracata yönelik üretimden kaynaklanan karbon emisyon düzeyi yüksek sektörlerden biri durumundadır. İhracata yönelik üretimden kaynaklanan karbon emisyonu maliyeti, ihracattan elde edilen gelirin yaklaşık iki katı hesaplanmaktadır. Dönüşüm senaryosunda çimento sektörünün karbon emisyonunda önemli bir tasarruf sağlanmakla birlikte ihracat gelirine kıyasla karbon emisyon maliyetinin

yine iki katı düzeyinde seyretmekte olduğu görülmektedir. Söz konusu etki çimento üretim prosesinin yüksek karbon yoğunluğundan ve düşük karbonlu ikame ürünlerin kısıtlılığından kaynaklanmaktadır. Çimento ihracatının mevcut yüksek maliyetlerine karbon emisyonu maliyeti de eklendiğinde eğer üretim prosesinde köklü bir değişiklik olmazsa ihracatın sürdürülebilirliği düşüktür.

- **Dış ticaret açığı:** Enerji ithalatı hariç bakıldığında yerli ham madde oranı yüksek olduğu ve çimento üretimindeki kapasite fazlasına bağlı olarak nihai ürün ithalatı bulunmadığı için, çimento sektörü dış ticaret fazlası veren bir sektör konumundadır.
- **Fiyat artışları:** İhracatın uyardığı enerji ithalatı ve karbon emisyonu maliyetleri dolayısıyla fiyat artışı öngörülmektedir. Fiyat artışlarının hem genel fiyat düzeyine hem bağlantılı sektörlerle olumsuz etkisi olacaktır.
- **Enerji talebi artışı:** BAU senaryosu için ihracat miktar artışının enerji talebini hangi oranda artıracığı hesaplanmaktadır. Söz konusu artışın ülkenin toplam dış ticaret açığına, dolayısıyla fiyatlara etkisi ayrıca dikkate alınmalıdır. Çimento sektörünün toplam ulusal elektrik tüketimi içindeki yüksek payı göz önünde bulundurulduğunda uzun vadeli bir değerlendirmede önemli bir ilave elektrik üretim ve dağıtım yatırımına ihtiyaç duyulacağı görülmektedir.

Faydalar

- **İhracat katma değeri:** BAU senaryosunda geçmiş eğilimler doğrultusunda mevcut üretim yapısı ve ihracat kompozisyonu korunarak, ihracatın düzenli olarak artacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda yine mevcut katma değer oranı baz alınarak ihracattan sağlanacak katma değer hesaplanmıştır. Söz konusu ihracat artışının hem doğrudan çimento üretimi hem bağlantılı sektörler üzerinden sağlayacağı istihdam artışı ve diğer bölgesel sosyoekonomik faydalar, hesaplamanın dışında bırakılmış nitel etkiler olarak sayılabilir.
- **Dış ticaret fazlası:** Çimento sektörü için mevcut senaryolar dâhilinde en yüksek fayda, dış ticaret fazlasından sağlanmaktadır. Ancak yukarıda vurgulandığı gibi enerji dâhil edilerek bakıldığında söz konusu faydanın daha düşük olacağı belirtilmelidir.
- **Fiyat düşüşleri:** Çimento sektörü için mevcut senaryolar dâhilinde herhangi bir fiyat düşüşü hesaplanmamıştır.
- **Enerji talebi düşüşü:** Dönüşüm senaryosu kapsamında ihracatta öngörülen düşüş paralelinde enerji tüketiminde önemli bir gerileme ortaya çıkmaktadır. Söz konusu gerilemenin öncelikle elektrik üretim ve dağıtım yatırımlarında, ardından lojistik süreçlerde yaratacağı ek faydalar olacağı da dikkate alınmalıdır.

Dolaylı ve diğer nitel etkiler

- İhracattaki azalmadan dolayı çimento üretimindeki azalmanın taş ocakçılığı ve diğer ham maddelerin üretiminden gelen çevresel maliyetleri düşürmesi, sağlık ve çevre üzerinde önemli pozitif etkiler yaratacaktır.

3.2.3. Alüminyum sektörü

Alüminyum sektörü değerlendirilirken üretimin %95'ine tekabül eden SKDM kapsamındaki ürün grupları dikkate alınmıştır.³⁷

3.2.3.1. Sektörel görünüm³⁸

Türkiye'de alüminyum üretimi ağırlıklı olarak birincil alüminyum ve daha ileri ara mamullerin girdi olarak kullanımı şeklinde görülmektedir. Nihai ürün üretimleri, birincil alüminyum, diğer ara mamuller ya da hurda kullanılarak yapılmaktadır. Birincil alüminyumun yaklaşık %93'ü ithal edilmektedir. Cevherden başlayarak üretim yapabilen bir entegre tesis (Seydişehir Alüminyum) bulunmakla birlikte boksit cevherinden alümina ve birincil alüminyum üretimi son derece sınırlı seviyelerdedir. Alüminyum üretim prosesinde en fazla enerji, birincil alüminyum üretimi sırasındaki elektroliz işleminde kullanılmaktadır. Türkiye'de birincil alüminyum üretiminin sınırlı olması, alüminyumun işlenmesine yönelik proseslerde elektrik kullanımı olmakla birlikte, enerji yoğunluğu entegre tesislerin üretimdeki payının yüksek olduğu ülkelere göre daha düşüktür. Hem dünyada hem Türkiye'de enerji ve karbon yoğunluğu perspektifinden değerlendirildiğinde alüminyum üretiminde iki temel eğilim öne çıkmaktadır:

- Hurda kullanımındaki artış: Döngüsel ekonomi çerçevesinde destekleyici regülasyonlarla birlikte 2050 yılında alüminyum üretiminde hurda payının %50'yi aşacağı tahmin edilmektedir (2021 yılında %36 civarındadır.).
- Alüminyum kullanımının artması: Elektrikli araçlar başta olmak üzere enerji ekipmanları ve diğer mühendislik alanlarında bir ileri malzeme olarak alüminyum kullanımının artması beklenmektedir. Hafiflik, dayanıklılık, kolay şekil alabilme vb. özellikleriyle kompozit malzemeler ve özel vasıflı çeliklerle birlikte en yüksek potansiyele sahip malzeme alüminyumdur.

Global ölçekte alüminyum talebinin %25'i otomotiv, %24'ü inşaat-yapı, %12'si ambalaj sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Otomotiv, özellikle elektrikli araç üretimindeki talebin önümüzdeki yıllarda diğer sektörlerden kaynaklanan talebin iki katı oranında büyüyeceği tahmin edilmektedir.

³⁷ Ürün grupları listesi Ek 1'de verilmektedir.

³⁸ Bu bölümdeki bilgiler Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği (TALSAD) Dijital Platformu üzerinden elde edilmiştir (SHURA, 2024a)

Türkiye’de alüminyum mamulleri üretiminde hurda (geri dönüşüm ürünleri) kullanımı artmaktadır. 2012-2021 döneminde hurda oranı %25’ten %30’a çıkmıştır. Aynı dönemde birincil alüminyum tüketiminin de 1,2 milyondan , 2,4 milyon tona çıkarak hızlı bir gelişim gösterdiği görülmektedir. Hızlı gelişimde yurt içi tüketimin, özellikle otomotiv, inşaat ve ambalaj talebindeki gelişmelerin yanı sıra ihracattaki artış da belirleyici olmuştur.

Türkiye’de kişi başı alüminyum kullanımı 2005 yılında 5,4 kg iken 2012 yılında 11,4, 2021 yılında ise 18,1 kg ağırlığa ulaşmıştır. Hızlı gelişime rağmen bu ortalamalar gelişmiş ülkelerin henüz çok altındadır.

Türkiye’nin alüminyum ürünleri ihracatı da 2012-2021 döneminde iki kattan fazla artış göstermiştir. Alüminyum ihracatında AB ülkelerinin payı %60 civarındadır. SKDM ve Türkiye’nin yeşil dönüşüm hedefleri dikkate alınarak alüminyum üretiminde karbonsuzlaşmada iki önemli gelişim alanı bulunmaktadır:

- Geri dönüşüm ile üretim
- Karbonsuz elektrikle üretim

Fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarına dayalı birincil alüminyum üretiminde ton başına karbon salınımı 20 ton civarındayken karbonsuz elektrikle üretimde bu düzey 4,5 tona, geri dönüşümle üretimde ise 0,5 tona kadar düşmektedir.

Alüminyum sektörü geri ve ileri bağlantılı sektörler

Alüminyum sektöründe dolaylı etkiler hesaplanırken TÜİK girdi-çıktı tablolarına dayalı olarak ileri ve geri bağlantılı sektörler üzerindeki etkiler dikkate alınmıştır. Aşağıda alüminyum sektörünün ileri ve geri bağlantılı sektörlerle etkileşimi özetlenmektedir.

Tablo 15. Alüminyum sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı

Geri Bağlantılı Sektörler			İleri Bağlantılı Sektörler		
Sektör	Alüminyum üretimindeki pay	Sektörün toplam üretiminde alüminyum sektöründen kaynaklanan talebin payı	Sektör	Alüminyum üretiminin kullanıcı sektörlerine göre dağılımı	Sektörün üretiminde alüminyum payı
Ana metal	%29	%21	İnşaat	%29	%11
Kanalizasyon, atık, geri dönüşüm (hurda vb.)	%25	%79	Ana metal	%20	%29
Elektrik, gaz vb.	%9	%5	Fabrikasyon metal ürünleri	%15	%47
Madencilik	%9	%18	Motorlu kara taşıtları	%9	%20
Karayolu ve boru hattı taşımacılığı	%9	%4	Elektrikli teçhizat	%8	%27
Toptan ticaret	%5	%3	Makine	%8	%32
Perakende ticaret	%2	%4	Mobilya	%4	%11
Fabrikasyon metal ürünleri	%1	%2	Diğer	%7	%10
Diğer	%11	%3			

Kaynak: TÜİK Girdi-Çıktı Tabloları ve yazarn hesaplamaları.

3.2.3.2. Çalışmanın sonuçları

- Alüminyum sektörü BAU senaryosunda mevcut durumun, geçmiş 20 yılın eğilimleri doğrultusunda devam edeceği öngörülmüştür.
- Dönüşüm senaryosunda ihracat miktarının azalacağı, üretimin ağırlıklı iç talebe yöneleceği öngörülmüştür.

İki senaryonun sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

Tablo 16. Alüminyum sektörü dünya ve AB için BAU ve Dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

Alüminyum (2026-2050 - Kümülatif - milyon €)	Dünya		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
<i>Karbon fiyatı: 100 €/ton</i>				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 59.629	14.327	63.303	11.621
Maliyetler	99.509	49.395	38.888	20.058
Toplam emisyon	36.836	22.067	22.838	13.682
Dış ticaret açığı	29.596	15.366	-	-
Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	-	3.086	-	1.389
İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	9.781	-	4.401	-
Ulaştırma maliyetleri (karbon emisyonu + akaryakıt)	23.296	8.876	11.648	4.988
Fiyat artışı	%1,0	%0,0	%1,0	%0,0
Enerji talebi artışı	%2,8	%0,0	%2,8	%0,0
Faydalar	39.880	63.722	102.190	31.679
İhracat katma değeri	34.678	18.439	20.903	11.302
Dış ticaret fazlası	-	-	78.152	-
Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı	5.202	-	3.136	-
İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı	-	45.283	-	20.377
Fiyat düşüşü	%0,0	%-3,3	%0,0	%-3,3
Enerji talebi düşüşü	%0,0	%-4,3	%0,0	%-4,3

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır

- **BAU senaryosu:**

- o Karbon emisyonu, taşıma maliyetleri ve dış ticaret açığı gibi kalemler ağırlıklı olmak üzere, dünya için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olduğu bir görünüm söz konusudur. AB'de ise bölgeden yapılan ithalatın düşük olması nedeniyle dış ticaret fazlası yüksektir, buna bağlı olarak da toplam fayda toplam maliyetin üzerinde hesaplanmaktadır. Ancak, AB'ye yapılan ihracatın başka bölgelerden yapılan ithalatı uyardığı dikkate alındığında, söz konusu faydanın "fiktif" olduğu söylenebilir.
- o Faydalarda en yüksek katkı ihracat katma değerinden gelmekte, onu geri bağlantılı sektör katma değeri izlemektedir.
- o Ham madde ve enerji ithalatı dolayısıyla fiyat artış etkisi sektör ölçeğine göre yüksektir.

- **Dönüşüm senaryosu:**

- o Hem dünya hem de AB için toplam fayda, toplam maliyetin üzerindedir.
- o İhracatta azalma öngörüsüyle birlikte karbon emisyonu ve taşıma maliyetlerinde önemli bir iyileşme sağlanmaktadır.
- o Alüminyum çok geniş bir sektörel yelpazede önemli bir ara mamul olduğu için özellikle maliyetlerde sağlanan faydanın ileri bağlantılı sektörlerle katma değer katkısı yüksek olmaktadır.
- o İhracat miktarındaki azalmaya paralel enerji tüketiminde de BAU senaryosuna kıyasla önemli bir düşüş öngörülmektedir.

Yukarıda sektörel görünüm bölümünde yer verilen ileri bağlantılı sektör katsayıları/paylarına dayalı olarak ileri bağlantılı sektörlerin katma değerlerine etkiler, iki ana senaryo için aşağıdaki gibidir.

Tablo 17. Alüminyum sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi

İleri Bağlantılı Sektörlere Katma Değer Etkisi		
milyon €	BAU 2026-2050	Dönüşüm 2026-2050
İnşaat	-1.581	1.771
Fabrikasyon Metal Ürünleri	-1.958	10.981
Motorlu Kara Taşıtları	-2.916	11.067
Elektrikli Teçhizat	-1.094	8.414
Makine	-1.662	10.117
Mobilya	-571	2.933
Toplam	-9.781	45.283

3.2.3.3. Doğrudan ve dolaylı etkilerin nitel ve nicel değerlendirilmesi

Doğrudan Etkiler

Maliyetler

- **Karbon emisyonu:** Alüminyum sektörü, ölçeğine kıyasla ihracata yönelik üretimden kaynaklanan karbon emisyon düzeyi yüksek olarak nitelenebilecek sektörlerden biri durumundadır. Keza taşımalardan kaynaklanan maliyetler de yüksektir.
- **Dış ticaret açığı:** Ham madde ve ara mamul ithalat düzeyi yüksek olduğu için alüminyum sektörü dış ticaret açığı da yüksek bir sektördür. AB'ye bakıldığında dış ticaret açığı görülmemesinin nedeni ham madde ve ara mamul ithalatının başka ülkelerden yapılmasıdır.
- **Fiyat artışları:** İhracatın uyardığı enerji ithalatı ve karbon emisyonu maliyetleri dolayısıyla fiyat artışı öngörülmektedir.

- **Enerji talebi artışı:** BAU senaryosu için ihracat miktar artışının enerji talebini hangi oranda artıracığı hesaplanmaktadır. Söz konusu artışın ülkenin toplam dış ticaret açığına, dolayısıyla fiyatlara etkisi ayrıca dikkate alınmalıdır. Uzun vadeli bir değerlendirmede alüminyum sektörünün toplam elektrik tüketimi içindeki yüksek payı göz önünde bulundurulduğunda önemli bir ilave elektrik üretim ve dağıtım yatırımına ihtiyaç duyulacağı görülmektedir.

Faydalar

- **İhracat katma değeri:** BAU senaryosunda geçmiş eğilimler doğrultusunda mevcut üretim yapısı, ihracat kompozisyonu korunarak ihracatın düzenli olarak artacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda yine mevcut katma değer oranı baz alınarak ihracattan sağlanacak katma değer hesaplanmıştır. Söz konusu ihracat artışının hem doğrudan alüminyum üretimi hem ileri-geri bağlantılı sektörler üzerinden sağlayacağı istihdam artışı ve diğer bölgesel sosyoekonomik faydalar hesaplama dışı bırakılmış nitel etkiler olarak sayılabilir.
- **Dış ticaret fazlası:** Alüminyum, yüksek ham madde ve ara malı ithalat düzeyiyle dış ticaret fazlası vermemektedir.
- **Fiyat düşüşleri:** Dönüşüm senaryosunda sektörün ölçeğine göre önemli bir fiyat düşüşü öngörülmektedir.
- **Enerji talebi düşüşü:** Dönüşüm senaryosu kapsamında ihracatta öngörülen düşüş paralelinde enerji tüketiminde önemli bir gerileme ortaya çıkmaktadır. Söz konusu gerilemenin öncelikle elektrik üretim ve dağıtım yatırımlarında, ardından lojistik süreçlerde yaratacağı ek faydalar olacağı da dikkate alınmalıdır.

Dolaylı ve diğer nitel etkiler

- Alüminyumda elektrifikasyon, özellikle yeşil elektrik ve ikincil alüminyum bazlı katma değerli ürünlere yönelim, Türkiye için önemli fırsatlar sunabilir. Diğer taraftan birincil alüminyum üreten Seydişehir tesisinin yeşil dönüşümü de hem iç pazar hem de ihracat pazarları bağlamında fırsatlar sağlayabilir.

3.2.4. Gübre sektörü

Gübre sektörü değerlendirilirken üretimin %95'ine tekabül eden SKDM kapsamındaki ürün grupları dikkate alınmıştır.³⁹

³⁹ Ürün grupları listesi Ek 1'de verilmektedir.

3.2.4.1. Sektörel görünüm

Türkiye’de toplam gübre tüketiminin yarısı kimyasal yarısı da kompoze gübrelerden oluşmaktadır. Gübre üretiminin tüketimi karşılama oranı %50-70 aralığında seyretmektedir. Kimyasal gübrelerde yüksek dışa bağımlılık nedeniyle üretimin tüketimi karşılama oranı hayli düşüktür. Kimyasal gübre tüketiminin %85’i ithalatla karşılanmakta, yurt içinde üretilen kimyasal gübre için gerekli ham maddelerin %90’ı dışarıdan sağlanmaktadır. Gübre üretiminde yüksek dışa bağımlılık nedeniyle, ihracatın, üretimin %10’u ile sınırlı kaldığı görülmektedir.

Gübre sektörü geri ve ileri bağlantılı sektörler

Gübre sektöründe dolaylı etkiler hesaplanırken TÜİK girdi-çıktı tablolarına dayalı olarak ileri ve geri bağlantılı sektörler üzerindeki etkiler dikkate alınmıştır. Aşağıda gübre sektörünün ileri ve geri bağlantılı sektörlerle etkileşimi özetlenmektedir.

Tablo 18. Alüminyum sektörü: Geri ve ileri bağlantılı sektörlerin ağırlığı

Geri Bağlantılı Sektörler			İleri Bağlantılı Sektörler		
Sektör	Gübre üretimindeki pay	Sektörün toplam üretiminde gübre sektöründen kaynaklanan talebin payı	Sektör	Gübre üretiminin kullanıcı sektörlerine göre dağılımı	Sektörün üretiminde gübrenin payı
Rafineri ürünleri ve kok	%30,0	%10,0	Tarım	%60,0	10,0%
Kimya	%15,0	%5,0	Karayolu ve boru hattı taşımacılığı	%15,0	5,0%
Karayolu ve boru hattı taşımacılığı	%15,0	%10,0	Toptan ticaret	%8,0	%5,0
Diğer	%40,0	%10,0	Perakende ticaret	%7,0	%5,0
			Diğer	%10,0	%5,0

Kaynak: TÜİK Girdi-Çıktı Tabloları ve yazarın hesaplamaları.

3.2.4.2. Çalışmanın Sonuçları

- Gübre sektörü BAU senaryosunda mevcut durumun, geçmiş 20 yılın eğilimleri doğrultusunda devam edeceği öngörülmüştür.
- Dönüşüm senaryosunda ihracat miktarının önemli ölçüde azalacağı öngörülmüştür.

İki senaryonun sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

Tablo 19. Gübre sektörü dünya ve AB için BAU ve Dönüşüm senaryolarında toplam fayda ve maliyetler

Gübre (2026-2050 - Kümülatif - milyon €)	Dünya		AB	
	BAU	Dönüşüm	BAU	Dönüşüm
<i>Karbon fiyatı: 100 €/ton</i>				
Toplam fayda - Toplam maliyet	- 106.951	- 11.936	- 18.664	1.927
Maliyetler	113.853	31.594	19.978	4.423
Toplam emisyon	2.329	901	845	327
Dış ticaret açığı	73.192	22.168	1.783	295
Geri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	-	2.077	-	727
İleri bağlantılı sektörler katma değer düşüşü	7.272	-	2.545	-
Ulaştırma maliyetleri (karbon emisyonu + akaryakıt)	31.061	6.449	14.805	3.074
Fiyat artışı	%1,1	%0,2	%1,1	%0,2
Enerji talebi artışı	%2,8	%0,0	%2,8	%0,0
Faydalar	6.902	19.658	1.315	6.351
İhracat katma değeri	5.855	2.217	948	246
Dış ticaret fazlası	-	-	-	-
Geri bağlantılı sektörler katma değer artışı	1.047	-	366	-
İleri bağlantılı sektörler katma değer artışı	-	17.442	-	6.105
Fiyat düşüşü	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
Enerji talebi düşüşü	%0,0	%-5,9	%0,0	%-5,9

* Dünya rakamları AB'yi de kapsayan toplam ticaret üzerinden hesaplanmıştır.

** Karbon fiyatı 100 €/ton olarak alınmıştır

- **BAU senaryosu:**

- o Dış ticaret açığı, taşıma maliyetleri ve karbon emisyonu ağırlıklı olmak üzere, hem dünya hem de AB için toplam maliyetin toplam faydanın üzerinde olduğu bir görünüm söz konusudur. Sektör ölçeğine göre BAU senaryosunda maliyet-fayda farkına göre, net maliyet çok yüksektir.
- o Faydalarda en yüksek katkı ihracat katma değerinden gelmektedir.
- o Ham madde ve enerji ithalatı dolayısıyla fiyat artış etkisi sektör ölçeğine göre yüksektir.

- **Dönüşüm senaryosu:**

- o Dünya için Dönüşüm senaryosunda da toplam maliyet toplam faydanın üzerindedir. AB için toplam fayda, toplam maliyeti geçmektedir.
- o İhracatta azalma öngörüsüyle birlikte karbon emisyonu ve taşıma maliyetlerinde önemli bir iyileşme sağlanmaktadır.

- o Gübrenin ileri bağlantılı sektörü tarıma etkisi çok güçlü olduğu için ileri bağlantılı sektörlerde katma değer katkısı yüksek olmaktadır.
- o İhracat miktarındaki azalmaya paralel enerji tüketiminde de önemli bir düşüş öngörülmektedir.

Yukarıda sektörel görünüm bölümünde yer verilen ileri bağlantılı sektör katsayıları/paylarına dayalı olarak ileri bağlantılı sektörlerin katma değerlerine etkiler, iki ana senaryo için aşağıdaki gibidir.

Tablo 20. Gübre sektörünün ileri bağlantılı sektörlerin katma değerine etkisi

İleri Bağlantılı Sektörlere Katma Değer Etkisi		
milyon €	BAU 2026-2050	Dönüşüm 2026-2050
Tarım	- 3.827	9.689
Karayolu ve Boru Hattı Taşımacılığı	- 609	1.369
Toptan Ticaret	-1.703	3.832
Perakende Ticaret	-1.134	2.551
Toplam	- 7.272	17.442

3.2.4.3. Doğrudan ve dolaylı etkilerin nitel ve nicel değerlendirmesi

Doğrudan Etkiler

Maliyetler

- **Karbon emisyonu:** Gübre sektörü, ölçeğine kıyasla ihracata yönelik üretimden kaynaklanan karbon emisyon düzeyi makul sayılabilecek düzeydedir. Ancak taşımalardan kaynaklanan emisyon ve akaryakıt maliyetleri çok yüksektir.
- **Dış ticaret açığı:** Ham madde ve ara mamul ithalat düzeyi yüksek olduğu için, gübre sektörü, dış ticaret açığı da yüksek bir sektördür.
- **Fiyat artışları:** İhracatın uyardığı enerji ithalatı ve karbon emisyonu maliyetleri dolayısıyla fiyat artışı öngörülmektedir.
- **Enerji talebi artışı:** BAU senaryosu için ihracat miktar artışının enerji talebini hangi oranda artıracığı hesaplanmaktadır. Söz konusu artışın ülkenin toplam dış ticaret açığına, dolayısıyla fiyatlara etkisi ayrıca dikkate alınmalıdır.

Faydalar

- **İhracat katma değeri:** BAU senaryosunda geçmiş eğilimler doğrultusunda mevcut üretim yapısı, ihracat kompozisyonu korunarak ihracatın düzenli olarak artacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda yine mevcut katma değer oranı baz alınarak ihracattan sağlanacak katma değer hesaplanmıştır. Söz konusu ihracat artışının hem doğrudan gübre üretimi hem bağlantılı sektörler üzerinden sağlayacağı istihdam artışı ve diğer bölgesel sosyoekonomik faydalar hesaplama dışı bırakılmış nitel etkiler olarak sayılabilir.
- **Dış ticaret fazlası:** Gübre, yüksek ham madde ve enerji ithalat düzeyiyle dış ticaret fazlası vermemektedir.
- **Fiyat düşüşleri:** Dönüşüm senaryosunda fiyat düşüşü öngörülmemektedir.
- **Enerji talebi düşüşü:** Dönüşüm senaryosu kapsamında ihracatta öngörülen düşüş paralelinde enerji tüketiminde önemli bir gerileme ortaya çıkmaktadır. Söz konusu gerilemenin öncelikle elektrik üretim ve dağıtım yatırımlarında, ardından lojistik süreçlerde yaratacağı ek faydalar olacağı da dikkate alınmalıdır.

Dolaylı ve diğer nitel etkiler

- Gübre üretiminde yeşil hidrojen kullanımı hem sektörün karbonsuzlaşması hem de yeşil hidrojen ve yeşil amonyak üretiminin yaygınlaşması için önemli fırsatlar sunmaktadır.



BÖLÜM 4

Sonuç

Çalışmada seçilen fayda-maliyet bileşenlerinin sosyal, çevresel ve diğer ekonomik değişkenlerle genişletilmesi mümkündür. Ancak, uygulanan model temel ekonomik etkilerin ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Çalışmada fayda-maliyet karşılaştırmasının büyük oranda sağlandığı düşünüldüğünde SKDM bağlamında işlevsel bir "etki analizi" yapıldığı sonucuna varılabilir. Bu kapsamda çalışmanın hiç kuşkusuz en önemli sonucu, karbon fiyatlandırması/vergisi olmadan da SKDM sektörleri için ihracatın toplam maliyetinin, toplam faydasını aştığını göstermesidir. Türkiye ekonomisinin bazı yapısal açmazlarını aşmaya yönelik dönemsel politikalar, uluslararası ekonomik ve siyasi oynaklıkların da yardımıyla kalıcılaşmış, bir bölümü ölçülebilir olmaktan uzak sübvansiyonların da etkisiyle çok geniş bir döneme yayılan kümülatif bir maliyet tablosu oluşmuştur.

Yukarıda işaret edilen yüksek maliyetlere ilişkin mekanik bir değerlendirmeden kaçınmak gerekir. Böylesi mekanik bir değerlendirme ekonominin bütünü açısından nitel yanı ağır basan bazı olumlu etkileri göz ardı etmeye yol açabilme tehlikesi barındırmaktadır. Bu etki analizine dayanarak uygulanacak iyi tasarlanmamış politikalar, kısa vadede, örneğin herhangi bir sektörde sadece ihracatı sınırlandırmaya yönelik önlemler, istihdam kaybı, firma küçülmeleri gibi yıkıcı sonuçlar yaratabilir. Bu nedenle çalışmada BAU senaryosuyla ortaya konan yüksek maliyetlerin mutlaka güçlü bir yapısal dönüşümle bertaraf edilmesi gerekmektedir. Dönüşüm senaryosu bu bağlamda alternatiflerden sadece biri olup daha yüksek fayda ihtiva eden alternatif senaryoların da geliştirilmesi önemli olacaktır. Özellikle her bir sektör için yapılacak yol haritası çalışmalarında sektörlerin iç dinamiklerinin daha iyi analiz edilmesi, çoklu alternatif senaryoların geliştirilmesi, bunların birbirine göre avantaj ve dezavantajlarının ortaya konması yerinde olacaktır.

Yukarıda işaret edildiği gibi çalışma, karbon fiyatlandırması/vergisi uygulanmadan da SKDM sektörleri açısından ihracatın toplam maliyetinin, toplam faydasından yüksek olduğunu göstermektedir. Söz konusu sonuç, SKDM sektörlerinde kuvvetli bir yapısal dönüşümün gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu dönüşümün bir boyutu ilgili sektörlerde arz-talep dengesizliğinin giderilmesi, teknoloji yatırımlarıyla özellikli/sofistike ürünlerde üretim kapasitesi oluşturulmasıyla bir diğer boyut da yeşil dönüşüm/enerji dönüşümü perspektifidir. Modelde karbon maliyetleri büyük oranda içerilmekle birlikte enerji maliyetleri tam olarak kapsanmamaktadır. Bu nedenle yapısal dönüşümde teknoloji ve iş modeli değişiklikleri kadar yeşil dönüşüm boyutu da önem taşımaktadır.

Dönüşüm senaryosunda her bir sektör için üretim kompozisyonu değişimi ve etkilerine ilişkin ihtiyatlı varsayımlar geliştirilmesine rağmen güçlü, olumlu bir değişim potansiyeli açığa çıkmaktadır. Sonuçlar belirgin bir karbonsuzlaşma yol haritasına işaret etmekle birlikte her bir sektör için çok daha detaylı çalışmalarla geliştirilmesi gerekmektedir. Yine yukarıda işaret edildiği gibi çoklu alternatif senaryolar arası karşılaştırmalar yapılması çok yönlü faydalar sağlayacaktır. Böyle bir süreçte dönüşüm seçenekleri kapsamında ihtiyaçların belirlenmesi ve özellikle destek mekanizmalarının tasarlanması düşünülmelidir.

Demir-çelik ve alüminyum diğer imalat sanayi sektörlerine sağladıkları girdilerle, çimento inşaat sektörü etkisiyle, gübre ise tarım girdisi olarak temel ve stratejik sektörler olarak nitelenebilir. Bu nedenle ölçek farklarına, değişik dinamiklere sahip olmalarına rağmen hem yapıları hem de diğer özellikleriyle güçlü dolaylı etkileri bulunmaktadır. Örneğin, sadece üretim proseslerinin karbon yoğun olması değil, tedarik ve dağıtım süreçlerinde yüksek hacimli taşımalara konu

olmaları nedeniyle ulaştırma kaynaklı karbon yoğunluğu yüksek sektörlerdir. Bunun dışında yine ileri-geri bağlantı etkileri güçlüdür. SKDM sektörlerine yönelik kapsamlı etki analizleri ve politika önerileri aynı zamanda önem taşıyan bir dizi sektöre ilişkin strateji tartışmalarını da tetikleyecektir. Tekil/izole sektör analizleri değil, sektörler arası ilişki, etkileşim ve öncelikleri dikkate alan bir yol haritaları bileşkesi oluşturmak gerekmektedir.

Çalışmada 2050 yılına kadar projeksiyonlar yapılmış olsa da özellikle uluslararası rekabet gücü bağlamında dönüşümün 2035-2040 vadesine odaklanması önem taşımaktadır. AB tarafından uygulanan SKDM ve hem AB’de hem diğer bölgelerde gelişen benzer politikalar, uluslararası rekabetin bu ekseninde artacağını göstermektedir. Mevcut durumda Türkiye’nin rakibi olan ülkelerin daha erken aksiyon alma olasılığının yanı sıra yeni rakiplerin ortaya çıkması da mümkün görünmektedir. Türkiye’nin rekabet gücünü koruyabilmesi için gerekli eylemleri hızlıca hayata geçirmesi önemli olacaktır. Bu doğrultuda 2035 ya da 2040 dönüşüm stratejilerinin oluşturulması ana hedef olabilir. Bu bağlamda Türkiye’nin COP 29’da paylaşılan Türkiye Uzun Dönem İklim Stratejisi (ÇŞİD, 2024b) ve SKDM sektörlerini kapsayan Türkiye Sektörel Düşük Karbonlu Yol Haritaları (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024) çerçevesindeki yatırımlar ve eylemler kaynak kısıtlarını ve toplam faydayı da dikkate alacak şekilde ele alınmalıdır. Sektörlerin mevcut durum ve büyüme trendlerini koruyarak ilerlemesi yerine, katma değeri artırırken karbon yoğunluğunu azaltan, Türkiye’nin rekabet gücünü artırarak uluslararası değer zincirlerine daha ileri düzeyde bütünleşmesine olanak sağlayan sektör ve ürünlere öncelik verilmesi önem taşımaktadır. Böylelikle SKDM sektörleri başta olmak üzere karbonsuzlaşması zor olan tüm sektörlerde hidrojen, karbon yakalama gibi yüksek maliyetli yatırımlara ihtiyaç büyük ölçüde azaltılabilir. Buna ek olarak daha köklü bir yaklaşım emisyon azaltım stratejileri ile eş zamanlı döngüsel ekonomi pratiklerinin yerleştirilmesi, kaynak ve proses verimliliğini artırmaya çalışarak emisyon azaltımının yakalanması olacaktır.

Çalışmada görüldüğü gibi SKDM uygulaması Türkiye açısından ek karbon maliyeti getirmesinin yanı sıra, üretim ve ihracatın yapısında var olan ama çoğu zaman hesaplanmayan veya doğrudan fiyatlandırılmayan bazı maliyetleri daha belirgin hale getirmiştir. Bu çalışma söz konusu maliyetleri SKDM ürünlerinde ihracatın getirdiği faydalarla karşılaştırmakta ve maliyetleri azaltırken faydaları artıracak bir dönüşüm senaryosuna yer vermektedir. Bununla birlikte özellikle geçiş döneminde SKDM’den kaynaklı doğrudan maliyetleri azaltmak için ek önlemlere ihtiyaç duyulabilir. Bu bağlamda aşağıda yer alan önlemler gündeme gelmektedir:

Türkiye’nin karbon fiyatlaması ve ETS uygulamasına geçmesi: Karbon fiyatlaması olan ülkelerden AB’ye yapılan ihracatta, ürün fiyatlarına yansıyan karbon vergileri sınırdaki karbon vergisinden düşülmektedir. Dolayısıyla Türkiye’nin de karbon fiyatlamasına geçmesi AB pazarındaki konumunu güçlendirirken, karbon gelirlerinin yurt içinde kalmasını sağlayabilir.

Yerel karbon vergisi gelirlerinin dönüşümün finansmanında kullanılması: Kademeli olarak yükselerek AB piyasasındaki fiyatlara yakınsayacak yerel karbon vergisi/fiyatlandırması dönüşüm için önemli kaynak yaratabilir. Ancak, bu kaynaklar dönüşümün tamamını finanse etmek için muhtemelen yeterli olmayacaktır.

Uluslararası iş birliği ve finansman: SKDM maliyetlerinin adil paylaşımına yönelik iklim diplomasisi ve uluslararası iş birliği olanaklarının etkin kullanımı maliyetleri azaltabilir. Bu kapsamda AB başta olmak üzere ithalatçı ülkelerle müzakereler ve SKDM'den etkilenen diğer ihracatçı ülkelerle bilgi alışverişi fayda sağlayabilir. Diğer taraftan SKDM sektörlerinde dönüşüm ve karbonsuzlaşmaya yönelik uluslararası finansman olanaklarının harekete geçirilmesi bu bağlamda özel önem taşımaktadır.

Uzun dönemde ise mevcut üretimin karbon maliyetlerini düşürmek yeterli olmayacak, enerji verimliliği ve karbon yoğun alanlarda düşük karbonlu üretim proseslerine geçiş giderek rekabet gücünde belirleyici hale gelecektir. Dolayısıyla, Türkiye'nin SKDM'yi yalnız ilk etapta etkilenen sektörler kapsamında değil bu sektörlerin bağlantılı olduğu diğer alanlarla birlikte değerlendirmesi ve kapsamlı bir sanayi dönüşümünü gündeme alması gerekmektedir. Türkiye'nin kalkınma öncelikleriyle örtüşen bir net sıfır karbon yol haritası olmasının önemi, bu bağlamda bir kez daha görülmektedir.

Ekler

Ek 1 - SKDM Kapsamı Dahilindeki Ürün Grupları

Tablo 21. SKDM Sektörleri Ürün Grupları

Demir-Çelik	
72	
7201	Dökme demir (pik demir) ve aynalı demir (kütle, külçe, blok veya diğer ilk şekillerde)
7202	Ferro Alyajlar
7203	Demir ve cevherinin doğrudan indirgenmesi ile elede edilen demirli ürünler ve diğer sünger görünümlü demir ürünleri (parça, pelet veya benzeri şekillerde); minimum saflığı itibarıyla %88,94 olan demir (parça, pelet veya benzeri şekillerde)
7205	Dökme demir, aynalı demir, demir veya çelikten granül ve tozlar
7206	Külçe veya diğer ilk şekillerde demir ve alaşımsız çelik (72.03 pozisyonuna giren demir hariç)
7207	Demir veya alaşımsız çelikten yarı mamuller
7208	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde ürünleri (genişlikleri 600 mm. veya daha fazla, sıcak haddelenmiş, kaplanmamış)
7209	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde mamulleri (genişliği 600 mm. veya daha fazla, soğuk haddelenmiş kaplanmamış)
7210	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde mamulleri, genişliği 600 mm. veya daha fazla olanlar (kaplanmış olanlar)
7211	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde mamulleri, genişlikleri 600 mm.'den az ve kaplanmamış olanlar
7212	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde mamulleri, genişliği 600 mm.'den az ve kaplama olanlar
7213	Demir veya alaşımsız çelikten filmaşın (sıcak haddelenmiş, kangal halinde)
7214	Demir veya alaşımsız çelikten çubuklar (sadece dövülmüş, sıcak haddelenmiş veya sıcak çekilmiş, haddelene işleminden sonra burulmuş olanlar dahil)
7215	Demir veya alaşımsız çelikten diğer çubuklar
7216	Demir veya alaşımsız çelikten profiller
7217	Demir veya alaşımsız teller
7218	Külçe veya diğer ilk şekillerde paslanmaz çelik; paslanmaz çelikten yarı mamuller
7219	Paslanmaz çelikten yassı hadde mamulleri (genişliği 600 mm. veya daha fazla olanlar)
7220	Paslanmaz çelikten yassı hadde mamulleri (genişliği 600 mm.'den daha az olanlar)
7221	Paslanmaz çelikten filmaşın (sıcak haddelenmiş, kangal halinde)
7222	Paslanmaz çelikten çubuk ve profiller
7223	Paslanmaz çelikten teller
7224	Külçe veya diğer ilk şekillerde diğer alaşımlı çelikler; diğer alaşımlı çelikten yarı mamuller
7225	Diğer alaşımlı çelikten yassı hadde mamulleri (genişliği 600 mm. veya daha fazla)
7226	Diğer alaşımlı çelikten yassı hadde mamulleri (genişliği 600 mm.'den az)
7227	Diğer alaşımlı çelikten filmaşın (sıcak haddelenmiş, kangal halinde)
7228	Diğer alaşımlı çelikten çubuk ve profiller; alaşımlı veya alaşımsız çelikten sondaj işlerinde kullanılan içi boş çubuklar
7229	Diğer alaşımlı çelikten teller

26	
2601 12 00	Aglomere edilmiş demir cevherleri ve zenginleştirilmiş demir cevherleri (kavrulmuş demir piritleri dahil)
73	
7301	Demir veya çelikten palpaşlar (delinmiş veya birleştirilmiş parçalardan yapılmış olsun olmasın); demir veya çelikten kaynak yapılmış profiller
7302	Demir veya çelikten demiryolu ve tramvay hattı malzemesi
7303	Demir dökümden ince ve kalın borular, içi boş profiller
7304	Demir (döküm demir hariç) ve çelikten ince ve kalın borular ve içi boş profiller (dikişsiz)
7305	Demir ve çelikten ince ve kalın borular (kaynaklı, perçinli veya benzeri şekillerde kapatılmış) (iç ve dış kesitleri daire şeklinde kapatılmış olup dış çapı 406,5 mm.'yi geçenler)
7306	Demir ve çelikten diğer ince ve kalın borular (örneğin açık dikiş veya kaynak yapılmış, perçin yapılmış veya benzeri şekillerde kapatılmış)
7307	Demir ve veya çelikten boru bağlantı parçaları (rakorlar, dirsekler ve manşonlar gibi)
7308	Demir veya çelikten inşaat (94.06 pozisyonundaki prefabrik yapılar hariç) ve inşaat aksamı (köprüler, köprü aksamı, bent kapakları, kuleler, pylonlar, ayaklar, sütunlar, inşaat iskeleleri, çatılar, pencereler ve bunların çerçeveleri ve kapı eşikleri, kepenkler, korkuluklar, parmaklıklar gibi), inşaatta kullanılmak üzere hazırlanmış demir veya çelikten saclar, çubuklar, profiller, borular ve benzerleri
7309	Her türlü madde için (sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış gaz hariç) hacmi 300 litreyi geçen ve mekanik veya termik tertibatı olmayan demir veya çelikten depolar, sarnıçlar, küvler ve benzeri kaplar (ısıyı izole edici veya iç yüzeyleri kaplanmış olsun olmasın)
7310	Her türlü madde için (sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış gaz hariç) hacmi 300 litreyi geçmeyen ve mekanik veya termik tertibatı olmayan demir veya çelikten depolar, sarnıçlar, variller, fıçılar, kutular ve benzeri kaplar (ısıyı izole edici veya iç yüzeyleri kaplanmış olsun olmasın)
7311	Sıkıştırılmış veya sıvı hale getirilmiş gazlar için demir veya çelikten kaplar
7318	Demir veya çelikten vidalar, civatalar, somunlar, tirfonlar, çengelli vidalar, perçin çivileri, pimler, kamalar, rondelalar (yaylanmayı sağlayıcı rondelalar dahil) ve benzeri eşya
7326	Demir veya çelikten diğer eşya

Çimento	
25	
2507 00 80	Diğer kaolinli killer
2523 10 00	Klinker
2523 21 00	Beyaz çimento (suni olarak renklendirilmiş olsun olmasın)
2523 29 00	Diğer portland çimento
2523 30 00	Şaplı çimento
2523 90 00	Su altında sertleşen diğer çimentolar

Alüminyum	
76	
7601	İşlenmemiş alüminyum
7603	Alüminyum tozları ve ince pullar
7604	Alüminyumdan çubuklar ve profiller
7605	Alüminyum teller
7606	Alüminyum saclar, levhalar, şeritler (kalınlığı 0,2 mm.'yi geçenler)
7607	Alüminyumdan yapraklar ve şeritler (folyo) (mesnedi hariç kalınlığı 0,2 mm.'yi geçmeyenler)
7608	Alüminyumdan ince ve kalın borular
7609	Alüminyum boru bağlantı parçaları (rakorlar, dirsekler ve manşonlar gibi)
7610	Alüminyumdan inşaat (94.06 pozisyonundaki prefabrik yapılar hariç) ve inşaat aksamı (köprüler, köprü aksamı, bent kapakları, kuleler, pylonlar, ayaklar, sütunlar, inşaat iskeleleri, çatılar, pencereler ve bunların çerçeveleri ve kapı eşikleri, kepenkler, korkuluklar, parmaklıklar gibi), inşaatta kullanılmak üzere hazırlanmış demir veya çelikten saclar, çubuklar, profiller, borular ve benzerleri
7611	Her türlü madde için (sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış gaz hariç) hacmi 300 litreyi geçen ve mekanik veya termik tertibatı olmayan alüminyum depolar, sarnıçlar, küvler ve benzeri kaplar (ısıyı izole edici veya iç yüzeyleri kaplanmış olsun olmasın)
7612	Her türlü madde için (sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış gaz hariç) hacmi 300 litreyi geçmeyen ve mekanik veya termik tertibatı olmayan demir veya çelikten depolar, sarnıçlar, variller, fıçılar, kutular ve benzeri kaplar (ısıyı izole edici veya iç yüzeyleri kaplanmış olsun olmasın)
7613	Sıkıştırılmış veya sıvı hale getirilmiş gazlar için alüminyumdan kaplar
7614	Alüminyumdan demetlenmiş teller, kablolar, örme halatlar ve benzerleri (elektrik için izole edilmiş olanlar)
7616	Alüminyumdan diğer eşya (76.15 pozisyonundakiler hariç)

Gübre	
28	
2808.00	Nitrik asit; sülfonitrik asitler
2814	Susuz saf amonyak veya amonyağın sulu çözeltileri
2834.21	Potasyum nitrat
31	
3102	Azotlu mineral ve kimyasal gübreler
3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler
3104	Potaslı mineral veya kimyasal gübreler
3105	Bitki besin maddeleri olan azot, fosfor ve potasyumun ikisini veya üçünü içeren mineral veya kimyasal gübreler; diğer gübreler; bu fasıldaki ürünlerin tablet veya benzeri şekillerde veya brüt ağırlığı 10 kg'ı geçmeyen ambalajlarda olanları

Ek 2 - Projeksiyonlara Kaynaklık Eden Ana Varsayımlar

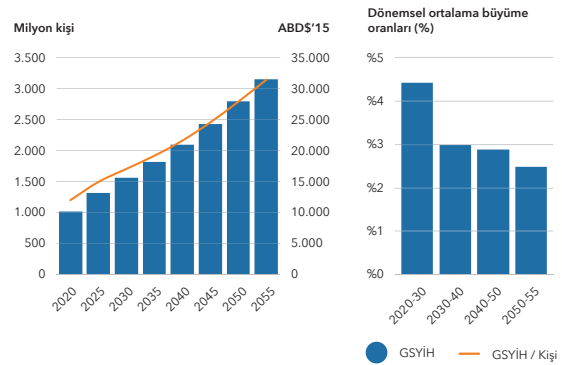
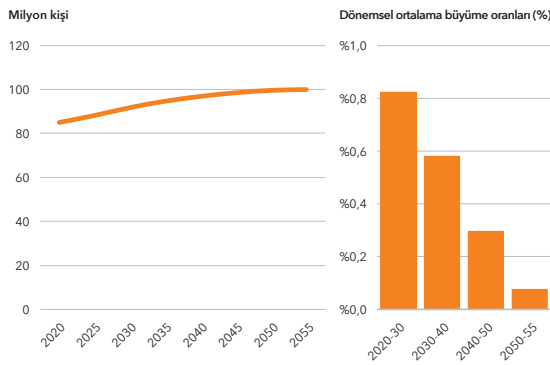
Tablo 22. Dönüşüm senaryosu nüfus ve gsyh varsayımları

Demografi

Dönem	Ortalama büyüme oranları (%)	Yıl sonu nüfus miktarı (milyon)
2020-30	%0.83	91.6
2030-40	%0.58	97.0
2040-50	%0.30	99.8
2050-60	%0.02	100.1

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH)

Dönem	Ortalama büyüme oranları (%)	Yıl sonu GSYH (milyar ABDS 2015)	GSYH/kişi (ABDS 2015/kişi)
2020-30	%4.4	1,561	17,042
2030-40	%3.0	2,096	21,595
2040-50	%2.9	2,787	27,878
2050-60	%2.4	3,525	35,176



Kaynak: SHURA 2024

Tablo 23. Dönüşüm senaryosu sektörel katma değer beşer yıllık kümülatif büyüme projeksiyonları

	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050	2051-2055
Demir-Çelik	%29,8	%13,9	%16,3	%4,9	%3,9	%3,4	%1,3
Demir Dışı Metaller	%30,0	%15,1	%18,4	%7,5	%7,2	%6,8	%4,5
Kimyasallar	%32,8	%39,8	%27,5	%24,2	%13,5	%4,5	%2,9
Yapı Malzemeleri	%38,6	%22,1	%18,6	%7,7	%4,6	%2,7	%1,7
Kağıt ve Kağıt Hamuru	%37,2	%26,5	%10,0	%5,0	%2,5	%1,5	%1,5
Yiyecek, İçecek, Tütün	%32,2	%19,0	%18,4	%4,8	%2,5	%2,5	%1,9
Mühendislik	%46,7	%40,7	%38,4	%32,3	%21,5	%14,6	%13,6
Tekstil	%44,4	%23,5	%17,8	%8,7	%5,3	%1,4	%1,4
Diğer Sektörler	%35,1	%23,8	%19,1	%14,8	%14,3	%15,8	%18,1
Hizmetler	%29,5	%17,6	%14,2	%16,0	%18,5	%18,7	%15,7
Tarım	%13,6	%10,7	%9,4	%8,5	%8,2	%7,4	%6,2

Kaynak: SHURA, 2023

* Kümülatif büyüme beş yıllık dönemdeki toplam artışı göstermektedir.

** Mühendislik sektörleri makine-teçhizat, elektrikli teçhizat, taşıt araçları ve diğer yüksek teknoloji düzeyindeki ürünlerin üretimini kap samaktadır.

Tablo 24. Dönüşüm senaryosunda teknoloji düzeyine göre odak sektörlerde gelişim öngörüsü

	İmalat Sanayi İçindeki Pay			Katma Değer/Üretim Değeri			Çalışan Başına Katma Değer (bin ABD\$)		
	2021	2030	2040	2021	2030	2040	2021	2030	2040
Düşük Teknoloji	%33,5	%35,0	%30,5	%21,2	%24,2	%26,3	16,8	22,5	25,6
Tekstil	%8,5	%8,4	%7,2	%26,6	%30,0	%32,0	24,0	31,6	35,3
Hazır Giyim	%5,0	%5,8	%5,2	%22,4	%27,5	%27,5	8,7	12,3	15,4
Orta-Düşük Teknoloji	%36,8	%28,9	%25,6	%21,7	%25,5	%28,8	34,0	40,3	45,8
Diğer Metalik Olmayan Mineraller	%4,2	%4,4	%3,9	%28,9	%32,5	%35,0	24,5	35,9	33,3
Ana Metal	%14,0	%8,5	%7,1	%21,0	%22,5	%25,0	93,6	132,1	156,4
Fabrikasyon Metal Ürünleri	%6,6	%6,4	%6,5	%24,3	%30,0	%35,0	20,6	27,6	36,6
Orta-Yüksek Teknoloji	%26,6	%30,7	%36,3	%25,2	%28,9	%33,8	39,9	59,6	85,5
Kimya	%6,0	%6,4	%6,7	%27,6	%30,0	%35,0	81,0	121,2	168,9
Elektrikli Teçhizat	%5,4	%5,7	%6,0	%22,7	%27,5	%32,5	32,3	48,8	68,7
Makine	%5,2	%7,1	%9,5	%26,0	%32,5	%37,5	25,7	44,5	71,0
Motorlu Kara Taşıtları	%7,8	%9,0	%9,7	%22,3	%25,0	%30,0	45,0	71,6	103,6
Yüksek Teknoloji	%3,1	%5,3	%7,6	%38,3	%38,2	%40,2	54,8	122,4	183,0
İmalat Sanayi Toplamı/ Ortalaması	%100,0	%100,0	%100,0	%22,9	%26,7	%30,7	26,8	36,8	47,6

Kaynak: SHURA, 2024a

Kaynakça

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİD), 2024a. İklim Değişikliği Kanunu Taslağı.
<https://www.baib.gov.tr/files/downloads/PageFiles/f345dbce-f055-ed11-a91b-000c29511bae/Files/ek-3.pdf>
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİD), 2024b. Türkiye 2053 Long-Term Climate Strategy.
<https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/T%C3%BCrkiye-Long%20Term%20Climate%20Strategy.pdf>
- EBRD, ÇŞİD ve Climate Focus, 2023. Potential Impacts of the Carbon Border Adjustment Mechanism on the Turkish Economy.
[https://iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/20230523%20Impacts%20of%20CBAM%20on%20Türkiye%20phase%20%20report%20FV3%20\(2\)-sayfalar-1,3,5-16%20\(1\)%20\(1\).pdf](https://iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/20230523%20Impacts%20of%20CBAM%20on%20Türkiye%20phase%20%20report%20FV3%20(2)-sayfalar-1,3,5-16%20(1)%20(1).pdf)
- Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2024. Enerji Denge Tabloları.
<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- Environmental Resources Management (ERM), 2025. The EU Omnibus Regulation: Preparing for changes to European sustainability disclosure regulations.
<https://www.erm.com/insights/the-eu-omnibus-regulation-preparing-for-changes-to-european-sustainability-disclosure-regulations/>
- EU News, 2025. Green deal simplification reaches the CBAM.
<https://www.eunews.it/en/2025/02/07/green-deal-simplification-reaches-the-cbam/>
- European Commission, 2024a. The European Green Deal.
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/story-von-der-leyen-commission/european-green-deal_en
- European Commission, 2024b. Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).
<https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/news/carbon-border-adjustment-mechanism-cbam>
- International Energy Agency (IEA), 2024. Global Electricity Generation by source, 2014-2025.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electricity-generation-by-source-2014-2025>
- ITC Trade Map.
<https://www.trademap.org/Index.aspx>
- JRC Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR).
<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024. Türkiye Düşük Karbonlu Yol Haritaları.
<https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/6f188a931f68/projeler/b81284>
- SHURA, 2023. Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü İçin Yol Haritası.
<https://shura.org.tr/net-sifir-2053-turkiye-elektrik-sektoru-icin-yol-haritasi/>
- SHURA, 2024a. Adil Dönüşüm Kapsamında Türkiye İçin Sanayi Politikası Alternatifleri.
<https://shura.org.tr/adil-donusum-kapsaminda-turkiye-icin-sanayi-politikasi-alternatifleri/>

SHURA, 2024b. Net Sıfır 2053: Türliye’de Karbonsuz Enerjiye Geçişin Sosyoekonomik Etkileri.
<https://shura.org.tr/net-sifir-2053-turkiyede-karbonsuz-enerjiye-gecisin-sosyoekonomik-etkileri/>

Statista, 2024. Pathway of EU ETS free allowances phase-out and Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) phase-in from 2025 to 2034.
<https://www.statista.com/statistics/1401673/eu-ets-free-allowance-cbam-pathway/>

TCMB Ödemeler Dengesi İstatistikleri.
<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Odemeler+Dengesi+ve+Ilgili+Istatistikler>

TCMB Fiyat Endeksi Verileri.
<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri>

TÇÜD Çelik Haritası.
<https://celik.org.tr/harita/>

The Washington Post, 2025. Here’s who’s losing out as Trump freezes the Inflation Reduction Act.
<https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2025/02/08/trump-climate-federal-funding-freeze/>

TÜİK Dış Ticaret İstatistikleri.
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1>

TÜİK Girdi-Çıktı Tabloları.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arz-ve-Kullanım-Tablolari%2C-Girdi-Cikti-Tablolari-2012-24922>

TÜİK Sanayi İstatistikleri
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=sanayi-114&dil=1>

TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-ve-Hizmet-Istatistikleri-2023-53782;>
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-ve-Hizmet-Istatistikleri-2022-49569.>

TÜİK Ulusal Hesaplar.
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulusal-hesaplar-113&dil=1>

TÜİK Enflasyon ve Fiyat İstatistikleri.
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=enflasyon-ve-fiyat-106&dil=1>

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulaştırma İstatistikleri.
<https://www.uab.gov.tr/istatistikler>

World Bank Group (2022), Türkiye Country Climate and Development Report.
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/01826a0c-059f-5a0c-91b7-2a6b8ec5de2f>

World Bank Group, 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024.
<https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/253e6cdd-9631-4db2-8cc5-1d013956de15/content>

İstanbul Politikalar Merkezi

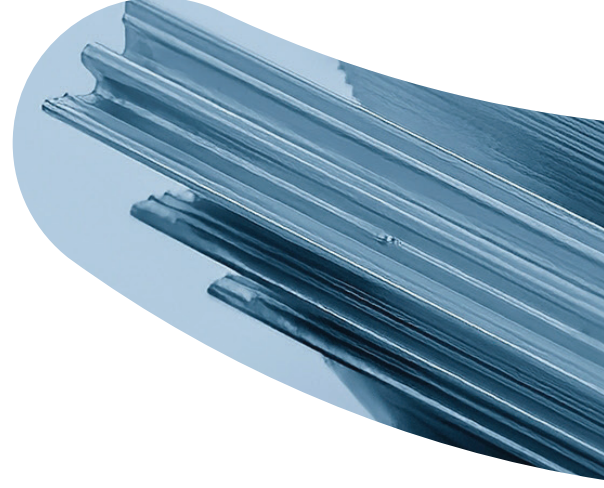
İstanbul Politikalar Merkezi (İPM) demokratikleşmeden iklim değişikliğine, transatlantik ilişkilerden çatışma analizi ve çözümüne kadar, önemli siyasal ve sosyal konularda uzmanlığa sahip, çalışmalarını küresel düzeyde sürdüren bir politika araştırma kuruluşudur. İPM araştırma çalışmalarını üç ana başlık altında yürütmektedir: İPM-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi, Demokratikleşme ve Kurumsal Reform, Çatışma Çözümü ve Arbuluculuk. 2001 yılından bu yana İPM, karar alıcılara, kanaat önderlerine ve paydaşlara uzmanlık alanına giren konularda tarafsız analiz ve yenilikçi politika önerilerinde bulunmaktadır.

European Climate Foundation

European Climate Foundation (ECF) Avrupa'nın düşük karbonlu bir toplum haline gelmesine yardımcı olabilmek ve iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası alanda güçlü bir lider rolü oynayabilmek amacıyla kurulmuştur. ECF, her türlü ideolojiden uzak kalarak düşük karbonlu bir topluma geçişin "nasıl" olacağı konusunu odağına alır. Ortaklarıyla yaptığı iş birliği kapsamında ECF, bu geçişte kilit rol oynayacak patikaları ve farklı alternatiflerin sonuçlarını ortaya çıkararak bu tartışmalara katkı sağlamayı hedefler.

Agora Energiewende

Agora Energiewende; Özellikle Almanya ve Avrupa olmak üzere tüm dünyada temiz enerjiye başarılı bir geçiş yapılmasını sağlamak amacıyla veri odaklı, politik açıdan uygulanabilir stratejiler geliştirir. Bir düşünce kuruluşu ve politika laboratuvarı olan Agora; yapıcı bir fikir alışverişi sağlarken siyaset, iş ve akademi dünyasından paydaşlarla da bilgi birikimini paylaşmayı hedefler. Kâr amacı gütmeyen ve bağışlarla finanse edilen Agora, kendini kurumsal ve siyasi çıkarlara değil, iklim değişikliğiyle mücadeleye adanmıştır.



SHURA
ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ MERKEZİ

Bankalar Caddesi, No:2, Minerva Han,
Kat:3, 34420 Karaköy/İstanbul
T: 0 (212) 292 49 39
E-posta: info@shura.org.tr
www.shura.org.tr

SHURA Kurucu Ortakları

İPM | IPC İSTANBUL POLİTİKALAR MERKEZİ
SABANCI ÜNİVERSİTESİ KAMPUSU
İSTANBUL POLICY CENTER
AT SAKAKLI ÜNİVERSİTESİ

